



ENGENHARIAS EM DIREÇÃO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

*Lays Carvalho de Almeida
Milson dos Santos Barbosa
Nayára Bezerra Carvalho
(Organizadores)*

EDITORA INOVAR

**ENGENHARIAS EM DIREÇÃO AO
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Lays Carvalho de Almeida
Nayára Bezerra Carvalho
Milson dos Santos Barbosa
(Organizadores)

ENGENHARIAS EM DIREÇÃO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

1.^a edição



Copyright © das autoras e dos autores.

Todos os direitos garantidos. Este é um livro publicado em acesso aberto, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons Internacional (CC BY-NC 4.0).



Lays Carvalho de Almeida; Nayára Bezerra Carvalho; Milson dos Santos Barbosa (Org)

Engenharias em direção ao desenvolvimento sustentável. Campo Grande: Editora Inovar, 2021. 191p.

ISBN: 978-65-86212-80-8

DOI: 10.36926/editorainovar-978-65-86212-80-8

1. Engenharia. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. 4. Autores. I. Título.

CDD – 620

As ideias veiculadas e opiniões emitidas nos capítulos, bem como a revisão dos mesmos, são de inteira responsabilidade de seus autores.

Conselho Científico da Editora Inovar:

Franchys Marizethe Nascimento Santana (UFMS/Brasil); Jucimara Silva Rojas (UFMS/Brasil); Maria Cristina Neves de Azevedo (UFOP/Brasil); Ordália Alves de Almeida (UFMS/Brasil); Otília Maria Alves da Nóbrega Alberto Dantas (UnB/Brasil), Guilherme Antônio Lopes de Oliveira (CHRISFAPI - Cristo Faculdade do Piauí).

PREFÁCIO

"Uma das únicas certezas que tenho na vida é uma frase que vivencio no meu dia a dia de Paulo Freire: "Educação não Transforma o mundo. Educação muda pessoas. Pessoas Transformam o mundo." Para boa parte de nós a busca e a forma de apresentar novos conhecimentos nas engenharias em direção ao desenvolvimento sustentável é um desafio, no qual estes três jovens Doutores em Engenharia de Processo graduados em Engenharia Ambiental e de Petróleo assumiram como responsabilidade de introduzir estes trabalhos realizados em diferentes regiões do nosso país, desde o Paraná até o Amapá, entendo que o nosso mestre Paulo Freire estava correto. Se a grande questão é o Desenvolvimento Sustentável? De maneira clara e suave, estes três jovens doutores nos ajudam ter um novo olhar sob as perspectivas destes trabalhos elaborados nas mais diversas instituições brasileiras com enfoque da Engenharia com Desenvolvimento Sustentável. As instituições acabam por mostrar um raio-x do que alguns alunos tem desenvolvido em suas salas de aula nos Institutos de Tecnologia, Universidades Particulares e Federais. Portanto, buscar a excelência técnica, se inicia com primeiros passos para se atingir um horizonte, mas acima de tudo, acredito que a proposta técnica deste trabalho é dar um passo adiante, inspirar e assim conseguir atingir novos modelos de engenharia para o desenvolvimento sustentável. Assim sugiro aos leitores uma reflexão sobre o tema e os trabalhos, e a partir daí ter uma conjunção de aspectos para que possam ultrapassar limites, de avançar, de fazer melhor do que foi feito até então. Afinal, qualquer atividade na questão de desenvolvimento sustentável irá demandar reflexão, técnica, tempo, conhecimento & energia.

Tenham uma boa leitura!!!

Dr^a Cleide Mara Faria Soares"

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DAS TERRAS NA SUB BACIA DO RIO TAPEROÁ <i>Júlia Soares Pereira</i> <i>João Miguel de Moraes Neto</i> <i>Viviane Farias Silva</i> <i>Kalyne Sonale Arruda de Brito</i>	7
CAPÍTULO 2 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA PLUVIAL PARA CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR <i>Ana Paula Andrade Santos Dantas</i> <i>Deisilayne Menezes da Silva Alves</i> <i>Ingrid Cavalcanti Feitosa</i> <i>Lays Carvalho de Almeida</i> <i>Nayára Bezerra Carvalho</i>	18
CAPÍTULO 3 ENERGIA E SUSTENTABILIDADE: A IMPLANTAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL <i>Lucas Cardoso Machado dos Santos</i> <i>Yuri José Luz Moura</i>	30
CAPÍTULO 4 ESTUDO DE CASO PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE DE ABATEDOURO DE FRANGO <i>Juliana Marçal de Oliveira</i> <i>Lays Carvalho de Almeida</i> <i>Marcela de Araújo Hardman Cortes</i> <i>Nayára Bezerra Carvalho</i>	40
CAPÍTULO 5 INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: uma experiência no condomínio Praia do Rodeadouro em Juazeiro, BA <i>Deise Cristiane do Nascimento</i> <i>Dinani Gomes Amorim</i> <i>Enio Silva da Costa</i> <i>Regivaldo José da Silva</i> <i>Ricardo José Rocha Amorim</i>	52
CAPÍTULO 6 MANUFACTURE OF PLATES FOR THERMAL INSULATION IN COVERINGS WITH CARTONED PACKAGING <i>Carlos Henrique Fortunato Conceição</i> <i>Rayane Fontes Mota</i> <i>Nayára Bezerra Carvalho</i> <i>Cassius Gomes de Oliveira⁴</i> <i>Ingrid Cavalcanti Feitosa</i>	63
CAPÍTULO 7 NOVOS CRITÉRIOS DE CULTIVO EM VIVEIROS FLORESTAIS: É POSSÍVEL AUMENTAR O CRESCIMENTO DAS MUDAS E REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA E NUTRIENTES <i>Richardson Barbosa Gomes da Silva</i> <i>Magali Ribeiro da Silva</i> <i>Mônica Moreno Gabira</i> <i>Daniilo Simões</i>	74
CAPÍTULO 8 OTIMIZAÇÃO DO CUSTO DE PILARES RETANGULARES SUBMETIDOS À FLEXO-COMPRESSÃO RETA <i>Diego Faro Alves</i> <i>Ícaro Augusto Andrade Nascimento</i> <i>João Ricardo Machado Alves</i> <i>Luiz Eduardo de Oliveira Carvalho</i> <i>Matheus Lopes Peres</i>	86
CAPÍTULO 9 PROPOSTA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BAIRRO PONTO NOVO EM ARACAJU-SE: APLICABILIDADE E DESAFIOS DE UM NOVO MODELO <i>Tatiane Morais Ramos</i> <i>Brendo Morgado Borges</i> <i>Nayára Bezerra Carvalho</i> <i>Ranyere Lucena de Souza</i>	99

CAPÍTULO 10	110
PROPOSTA DE MELHORIA DO ATUAL PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CONDOMÍNIO VERTICAL EM ARACAJU – SE PROPOSAL TO IMPROVE THE CURRENT SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN FOR A VERTICAL CONDOMINIUM IN ARACAJU – SE	
<i>Gabriela Oliveira Valença</i>	
<i>Breno Sedêly Souza da Conceição</i>	
<i>Nayára Bezerra Carvalho</i>	
<i>Cláudia Santana Arcieri Miranda</i>	
<i>Rodrigo de Oliveira Carvalho</i>	
CAPÍTULO 11	122
RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DENASCENTES NO MUNICÍPIO DE PÃO DE AÇÚCAR-AL	
<i>Grazielle Pereira do Nascimento</i>	
<i>Luiz Eduardo de Oliveira Carvalho</i>	
CAPÍTULO 12	132
SANEAMENTO BÁSICO: DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DOS CONJUNTOS JARDIM AMÉRICA E JARDIM ESPERANÇA LOCALIZADOS EM JAPARATUBA (SE)	
<i>Fernando Rodrigues da Rocha Júnior</i>	
<i>Vitor Carlos Santiago Barreto</i>	
<i>Lays Carvalho de Almeida</i>	
<i>Renata Campos Escariz</i>	
<i>Nayára Bezerra Carvalho</i>	
CAPÍTULO 13	145
SEGURANÇA DO TRABALHO E MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
<i>Jandira Sousa Oliveira</i>	
CAPÍTULO 14	152
TELHADO VERDE: COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA ENTRE PROTÓTIPOS EM ARACAJU-SE	
<i>Layanny de Souza Barboza</i>	
<i>Renivan Ferreira Nascimento</i>	
<i>Nayára Bezerra Carvalho</i>	
<i>Renata Campos Escariz</i>	
<i>Isabela Nascimento Souza</i>	
CAPÍTULO 15	163
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CASCA DE BANANA COMO INGREDIENTE ECOLÓGICO PARA FABRICAÇÃO DE BOLO	
<i>Giselly de Oliveira Silva</i>	
<i>Tháís Soares da Silva</i>	
<i>Walber Kaíc da Silva Nunes</i>	
<i>Silvana Gonçalves Brito de Arruda</i>	
<i>Mércia Dos Santos Freire</i>	
<i>Iunaly Sumaia da Costa Ataíde Ribeiro</i>	
<i>Ana Patrícia Siqueira Tavares Falcão</i>	
CAPÍTULO 16	174
VIABILIDADE DO REAPROVEITAMENTO DE LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)	
<i>Caio Henrique de Souza Santana</i>	
<i>Sílvia Mecenas Gomes</i>	
<i>Lays Carvalho de Almeida</i>	
<i>Renata Campos Escariz</i>	
<i>Nayára Bezerra Carvalho</i>	
SOBRE OS ORGANIZADORES	186
ÍNDICE REMISSIVO	187

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DAS TERRAS NA SUB BACIA DO RIO TAPEROÁ

ANALYSIS OF LAND DEGRADATION IN THE TAPEROÁ RIVER SUB-BASIN

Júlia Soares Pereira¹
João Miguel de Moraes Neto²
Viviane Farias Silva³
Kalyne Sonale Arruda de Brito⁴

Resumo

O município de Taperoá localiza-se na região central do Estado da Paraíba. Está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido do Brasil, tendo como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco a seca. O objetivo geral da pesquisa é analisar os níveis de degradação a partir de um estudo espaço temporal da cobertura vegetal, degradação das terras, além das vulnerabilidades da região, sendo elas social, econômica, tecnológica, ambiental e de susceptibilidade as estiagens. Foram realizados estudos comparativos dos anos de 1990 e 2015, dentro dos limites geográficos apresentados. Os resultados em relação aos níveis de degradação das terras, houve redução nos níveis de degradação baixa e moderado baixa (6,4 km²; 72,0 km²), o que apresenta uma redução nas áreas mais preservadas da região. No entanto, o nível degradação moderada teve aumento significativo (116 km²), este avanço no processo de degradação é consequência do desmatamento para diversos fins.

Palavras-chave: cobertura vegetal; degradação dos solos; risco

Abstract

The municipality of Taperoá is located in the central region of the State of Paraíba. It is included in the geographical area of coverage of the semiarid region of Brazil, having as criteria the pluviometric index, the aridity index and the risk to drought. The general objective of the research is to analyze the levels of degradation based on a study of the temporal space of vegetation cover, land degradation, in addition to the vulnerabilities of the region, which are social, economic, technological, environmental and susceptibility to droughts. Comparative studies of the years 1990 and 2015 were carried out, within the geographic limits presented. The results in relation to the levels of land degradation, there was a reduction in the levels of low and moderate low degradation (6.4 km²; 72.0 km²), which shows a reduction in the most preserved areas of the region. However, the level of moderate degradation increased significantly (116 km²), this advance in the degradation process is a consequence of deforestation for various purposes.

Keywords: vegetal cover; soil degradation; risk

INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil possui uma área de 393.897 km² enquadrada no nível de degradação ambiental moderado, 81.870 km² em nível grave e 98.595 km² em nível muito grave (MMA, 2010). Marengo et al. (2011) afirmam que com o início da agricultura que foi expandindo para a região semiárida, grande parte da área era ocupada por enormes fazendas de criação de gado, com uso de pasto nativo, a caatinga com pequenos agricultores com agricultura de subsistência, considerados extremamente vulneráveis as condições ambientais.

¹ (Autora) Doutorado em Engenharia agrícola pela UFCG, Campina Grande – PB, julia_eng@hotmail.com

² Dr. Prof. em Engenharia Agrícola. UAEA/UFCG, Campina Grande – PB, moraes@deag.ufcg.edu.br

³ Dra. Profa. em Engenharia Florestal pela UFCG, Patos - PB, flordeformosur@hotmail.com;

⁴ Dra. Profa. Magistério Superior pela UNIFAP - Amapá, line.brito@hotmail.com;

No domínio do semiárido, bioma caatinga, é caracterizado baixa pluviometria influenciando o curso dos rios, que secam em determinadas épocas, diminuindo a disponibilidade de água para plantas, animais e para os homens, aumentando a aridez do ambiente. O clima é então um fator determinante na caatinga, definindo a paisagem e os hábitos dos moradores deste bioma. Nesse contexto Chaves et al. (2013), relatam que estudos da vegetação e uso da terra vêm sendo desenvolvidos, com o objetivo de obter informações a partir de imagens de satélite e de outros produtos do sensoriamento remoto, em busca de facilitar a análise e a interpretação dos dados de superfície, para posterior estudo e avaliação buscando melhor aplicação na gestão do município.

A degradação está intimamente ligada à dinâmica das vulnerabilidades verificadas na região, sendo que a pobreza e a vulnerabilidade são condições que se reforçam mutuamente, seguido da deficiência nas políticas públicas, as condições climáticas desfavoráveis e solos de reduzida aptidão agrícola, principalmente quando estes recursos naturais são explorados por métodos insustentáveis do ponto de vista da sua preservação.

Estudos da vegetação e uso da terra vêm sendo pontos de pesquisa, com o objetivo de obter informações a partir de imagens de satélite e de outros produtos do sensoriamento remoto, em busca de facilitar a análise e a interpretação dos dados da superfície terrestre, pois índices de vegetação ressaltam o comportamento espectral de alvos de interesse de diversos ambientes, possibilitando distinguir alterações ao longo de décadas de degradação tanto antrópica, quanto natural. Florenzano (2011), relata que no cenário em que à interferência das ações antrópicas acabam por comprometer a preservação da vegetação, as ferramentas geotecnológicas de monitoramento através de imagens de Sensores Remotos podem ser amplamente utilizadas na análise da degradação vegetal.

Nesse contexto, a realização de pesquisas científicas sobre a degradação ambiental, sua destruição ou regeneração, associado a vulnerabilidades da população, com o uso de geotecnologias que proporcionam verificar o uso do solo e aumento ou redução dos impactos ambientais em uma área, são fundamentais para a gestão dos recursos naturais e identificação dos fatores que causam a degradação ambiental, bem como para a tomada de decisão das políticas públicas na busca da sustentabilidade ambiental para a preservação do meio ambiente. Assim foi realizado a análise da degradação das terras no município Taperoá - PB utilizando as imagens do satélite Landsat 5 e 8 referentes ao período de 1990 e 2015.

MATERIAL E MÉTODOS

As imagens utilizadas neste trabalho foram adquiridas a partir do Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponíveis de forma gratuita no site da instituição. O critério de seleção das imagens baseou-se principalmente na quantidade e distribuição de nuvens da área de estudo, obtidas a partir do satélite TM/Landsat - 5, com data de

passagem 14/03/1990, e OLI/Landsat - 8, com data de passagem 06/05/2015, referentes a órbita 215 e ponto 65.

As técnicas de processamento digital de imagens foram divididas em 3 etapas:

Pré – Processamento de imagens: é o conjunto de processamentos por onde passa as imagens, visando minimizar, ao máximo, suas distorções. Estas distorções podem ser classificadas em radiométricas e geométricas. As distorções radiométricas alteram os níveis de cinza de cada elemento da imagem. Já as distorções geométricas alteram a distribuição espacial dos elementos de imagem, afetando escala, afinidade, orientação, entre outras.

Realce de imagens: está técnica tem por objetivo modificar, através de funções matemáticas os níveis de cinza ou os outros valores digitais de uma imagem, de modo a destacar certas informações espectrais, melhorando a sua qualidade visual e facilitando a análise posterior pelo fotointérprete.

Análise de imagens: está relacionada com a extração de informação de imagens. Inclui a segmentação e classificação de imagens. A segmentação tem por objetivo fragmentar uma região em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels, textura e contraste. Já a classificação de imagens visa a categorização da cobertura da terra, distinguindo as composições de diferentes materiais superficiais, sendo uma segmentação específica usando técnicas de reconhecimento de padrões.

Os mapas finais das classes de vegetação e dos níveis de degradação das terras foram criados no módulo SCARTA do software usado, SPRING.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos níveis de degradação das terras (Figuras 1 e 2) obtido com base em imagens TM/Landsat-5 para o ano de 1990 e OLI/Landsat-8 para o ano de 2015, processadas no SPRING 5.2.7 e complementado com trabalho de campo, apresentado na Tabela 1 evidenciam que a degradação na área de estudo ocorreu variações significativas, caracterizadas por seis níveis de degradação ambiental: muito baixo, baixo, moderado baixo, moderado, moderado grave e grave, além dos níveis foi observado o corpo d'água presente na imagem. Esses níveis de degradação foi estudado por Barbosa et al, 2005, através de várias pesquisas de campo em torno de sub bacias hidrográfica no semiárido do Brasil.

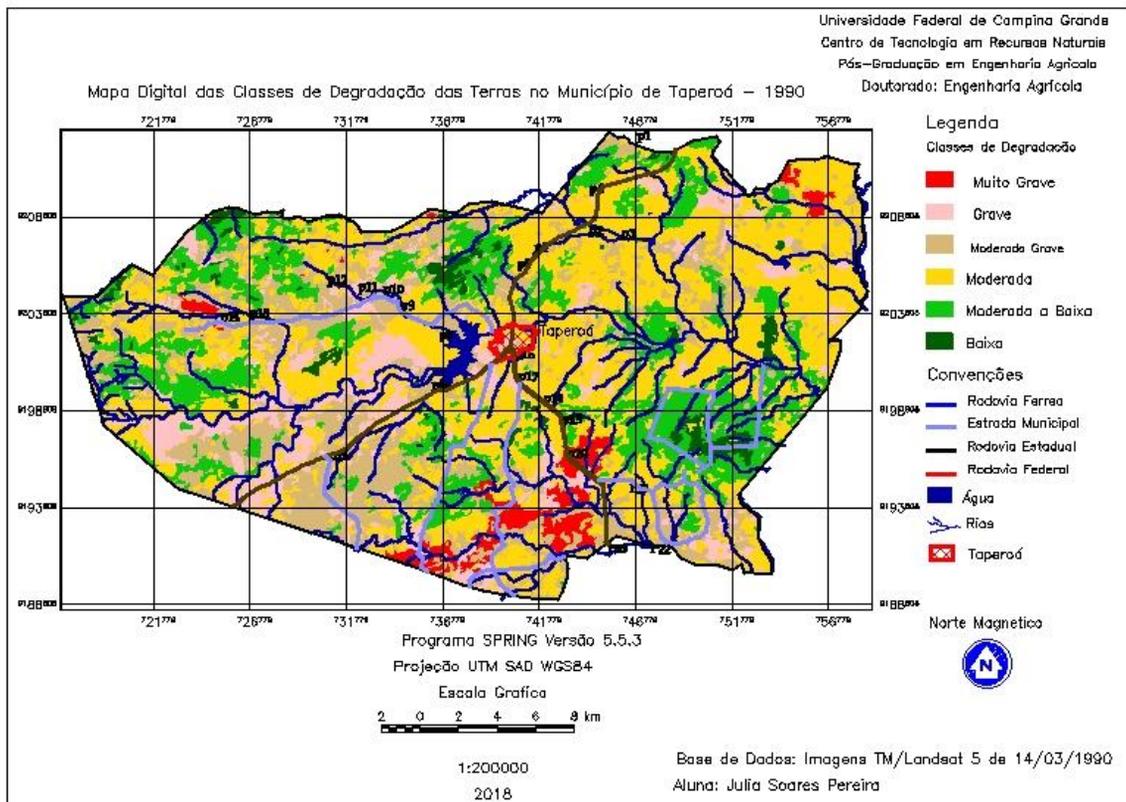


Figura 1. Classes de degradação das terras no município de Taperoá/PB/Brasil, ano 1990.

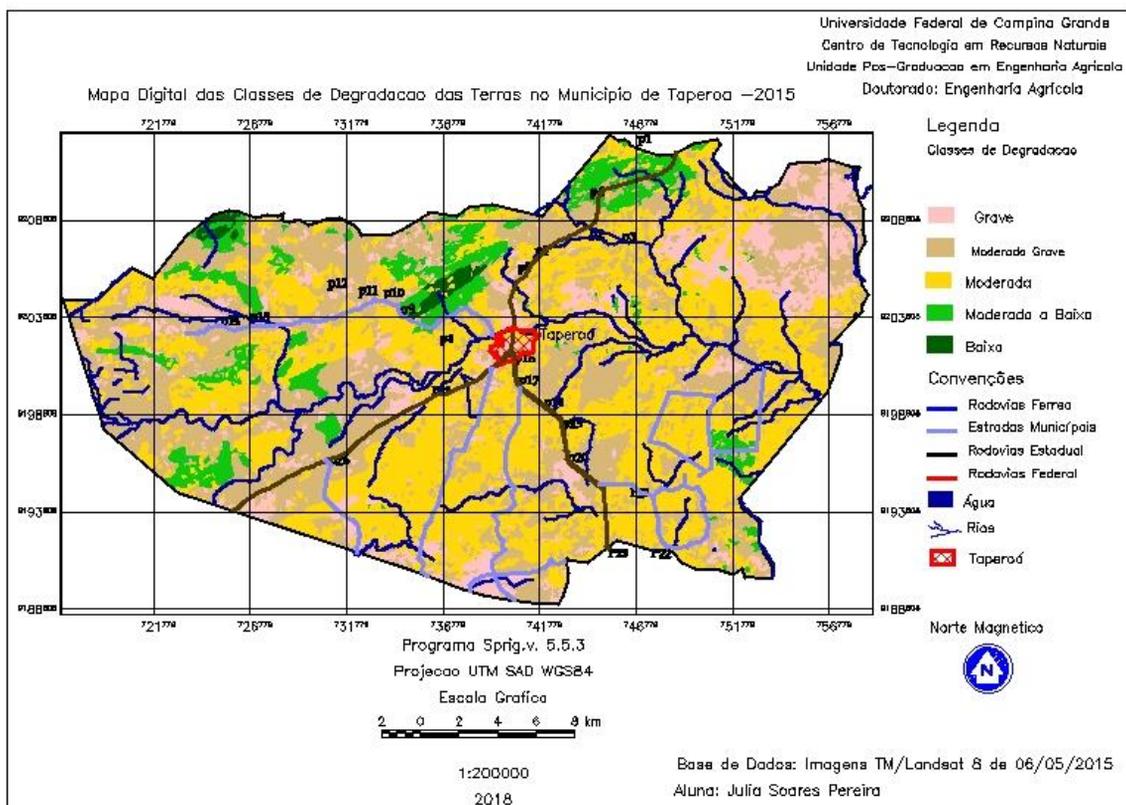


Figura 2. Classes de degradação das terras no município de Taperoá/PB/Brasil, ano 2015

O comportamento dos níveis de degradação das terras, Tabela 1, teve variações significativas durante intervalo da pesquisa, e pode ser observado que os níveis de degradação baixa e moderado baixa tiveram reduções, o que apresenta uma redução nas áreas mais preservadas desta região. No entanto, o nível de degradação muito grave teve total redução e degradação moderada teve aumento significativo, este avanço no processo de degradação é

consequência do desmatamento para diversos fins, o risco à degradação é evidente. Conforme o Ministério do Meio Ambiente, o melhor caminho para se evitar a desertificação é a prevenção, por meio do uso racional dos recursos naturais, não permitindo que situações extremas se tornem cada vez mais comuns dentro da paisagem diminuindo recursos importantes para sustentabilidade do homem no campo.

Tabela 1. Quantificação dos níveis de degradação das terras, no período de 1990 e 2015 no município de Taperoá/PB/Brasil.

Níveis de Degradação	1990		2015	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Degradação Muito Grave	23,98	3,62	0,0	0
Degradação Grave	87,32	13,17	87,28	13,17
Degradação Moderada Grave	267,25	40,32	256,47	38,69
Degradação Moderada	156,11	23,55	272,35	41,09
Degradação Moderada Baixa	114,21	17,23	42,23	6,37
Degradação Baixa	10,54	1,59	4,15	0,63
Água (Corpos d'água)	3,45	0,52	0,40	0,06
Total	662,86	100	662,86	100

O nível de degradação muito grave teve seu valor reduzido no ano de 2015 à zero, diminuição significativa em relação a 1990, 23,98 km², correspondendo a 3,62% da área, mostrando que houve recuperação dessas áreas. Essa recuperação foi resultante do abandono das atividades agropecuárias, pois as terras com esse nível são impróprias para a utilização na agropecuária, e com isso os produtores buscam outras áreas e deixam essas abandonadas, havendo assim, uma regeneração lenta (Figura 3).

Constata-se, na mesma tabela que os níveis de degradação grave permaneceu com o mesmo percentual (13,17%). Observa-se, ainda que o nível de degradação moderada grave ocupava em 1990, uma área total de 267,25 km² (40,32%) e que com o passar dos anos foi de 256,47 km² (38,62%). O nível moderada grave identificado encontra-se em pequena redução.



Figura 3. Área do município de Taperoá/PB/Brasil, com característica de redução em nível de degradação.

Fonte: Pereira, 2016.

Nas áreas identificadas, as principais espécies florestais encontradas foram algaroba (Figura 4), malva, xique-xique e mandacaru. Foi possível observar também bastante solo exposto, com aparecimento de sulcos/voçorocas e ausência de matéria orgânica no solo. Os desmatamentos, de forma geral, expõem o solo à maior incidência dos raios solares, inibindo a vida microbiana e propiciando a perda da matéria orgânica. Os desmatamentos causam também a desagregação das gotas de chuva, acelerando o processo de degradação das terras. A área tem uma densidade populacional moderada, mas essa característica demográfica aumenta as possibilidades de modificação da bacia, e praticamente não existem pássaros, pequenos roedores e répteis.



Figura 4. Área do município de Taperoá/PB/Brasil, com presença de algaroba.
Fonte: Pereira, 2016.

Na degradação grave a vegetação é rala e/ou inexistente, com poucos exemplares de jurema preta, malva, xique-xique e mandacaru. Observou-se a presença de solo exposto, pedregosidade alta e afloramentos de rochas. Além dos problemas já citados com relação aos desmatamentos, ele é responsável também pela redução da infiltração de água no solo, diminuindo a quantidade de água para o abastecimento do lençol freático, que ocasiona o abaixamento do seu nível. Praticamente toda a vegetação nativa foi retirada, sendo a algaroba a única espécie vegetal, isso tem uma explicação, devido esta ser extremamente alelopática, o crescimento de outras espécies vegetais ao seu redor é inibida, prejudicando a alimentação dos animais domésticos nos períodos de entressafra. Além disso, o consumo excessivo do fruto dessa planta causa nos bovinos à doença conhecida como “cara-torta”, o que reduz a produtividade do rebanho. Na agricultura as espécies mais exploradas são feijão e milho, já na pecuária os mais explorados são bovinos, caprinos e ovinos.

Nas áreas de degradação moderada grave a vegetação é rala e/ou arbustiva, com alguns exemplares de jurema, algaroba, malva, pereiro, xique-xique e mandacaru. Observou-se, também, a presença de solo exposto, com grandes áreas em processo de erosão e pedregosidade alta. Muitos agricultores realizam queimadas para “limpar” os terrenos para o próximo ano, essa prática é realizada sem nenhuma orientação técnica e a maioria dos agricultores não sabe dos malefícios que essas queimadas trazem ao solo. A pecuária extensiva é realizada por grande parte dos agricultores e essa forma de criação compacta os solos e causa erosão. A densidade populacional é de média a alta, e é possível observar pássaros e pequenos roedores.

Houve um aumento da degradação moderada entre as datas analisadas. Nas terras com este nível de degradação, a agricultura é constituída basicamente por feijão e milho. As espécies florestais mais encontradas foram pereiro, malva, algaroba, jurema, juazeiro e marmeleiro. A quantidade de solo exposto é menor do que no nível moderada grave, a densidade populacional é média, e são encontradas aves como o galo de campina, caboclo e golado. Já na pecuária, a caprinovinocultura é a atividade mais realizada pelos agricultores.

Mesmo sabendo da importância socioeconômica da pecuária para a região, essa atividade também gera pressão sobre os recursos naturais. A criação de caprinos, principal atividade da região, pode levar a morte centenas de espécies vegetais, pois, por possuir um hábito alimentar aéreo, chega a roer até as cascas das árvores, destruindo os vasos liberianos, o que leva a interrupção do transporte de seiva bruta e elaborada, e a consequência disso é a morte da planta. Já os bovinos, de peso específico superior até ao de máquinas agrícolas, como de um trator, por exemplo, pode em pouco tempo de pastejo compactar uma determinada área, reduzindo o potencial produtivo da mesma.

Nas áreas com degradação moderada baixa, a densidade populacional observada foi baixa, a vegetação arbustiva é de porte baixo, representada basicamente por jurema, malva, algaroba, marmeleiro e por exemplares isolados de pereiro, aroeira, juazeiro, macambira, coroa de frade, xique-xique e mandacaru. Observou-se ainda ocupação agrícola com milho, feijão, batata-

doce e muitas fruteiras: cajueiro, mangueira, goiabeira e coqueiro. Foram encontrados muitos pássaros e insetos.

O nível de degradação baixa ficou caracterizada pela pouca interferência humana. A densidade da vegetação é de média a alta. As espécies vegetais mais encontradas foram pereiro, catingueira, marmeleiro, jurema, algaroba, juazeiro, malva, alecrim, xique-xique, mandacaru, coroa de frade e macambira. Os solos dispõem de muito detrito orgânico, o que reduz a erosão nos períodos de chuva. Atividades como agricultura e pecuária são menos frequentes, a quantidade de aves e répteis é grande.

Já a degradação muito baixa é caracterizada pela pequena densidade populacional. Este nível se encontra nas serras e a preservação se deve a dificuldade de acesso do homem a essas serras. A vegetação é densa, predominante de porte arbustivo, com alguns exemplares arbóreos. Nos topos das serras há grandes extensões de rocha expostas caracterizando áreas de afloramento, ocupadas por espécies típicas, como umbuzeiro, juazeiro, mufumbo, cumaru, jatobá, pereiro, quixabeira, aveloz, catingueira e jurema, além de muitas cactáceas e gramíneas. Foi observado uma grande quantidade de pássaros, roedores, répteis e animais de pequeno e médio porte, os solos são conservados e férteis, com muita matéria orgânica.

Na América Latina, vastas áreas se encontram afetadas com diferentes níveis de degradação, onde as principais causas apontadas sob o ponto de vista socioeconômico é a aplicação de modelos de desenvolvimento caracterizados pelo uso não sustentável dos recursos naturais e práticas agrícolas inadequadas (COSTA FILHO, 2007).

O avanço do processo de degradação ambiental do bioma Caatinga deve-se a vários fatores. Paraphraseando Thomaz e Costa et al. (2009) e Brasileiro (2009), os principais fatores que contribuem para a degradação desse bioma são: as práticas agrícolas inadequadas, o desmatamento, a infertilidade e a compactação do solo, os processos erosivos e a salinização de algumas áreas.

Segundo Cândido (2000), o desmatamento nas áreas tem provocado sérios problemas de erosão eólica, laminar e hídrica. Com isso, a degradação ambiental das regiões semiáridas está relacionada a uma série de fatores intrínsecos, entre os quais se podem citar a ação antrópica, como consequência direta da falta de sustentabilidade, as altas taxas de evapotranspiração, os baixos índices pluviométricos e o mau uso da terra.

A agricultura é uma atividade que gera impactos ao meio ambiente, seja em grande ou pequena escala; isso dependerá das técnicas e práticas que forem utilizadas para cultivar a terra. As práticas agrícolas ineficientes que tiram a cobertura vegetal original do solo, deixando-o vulnerável aos processos erosivos. O desenvolvimento contínuo dessas práticas, de retirada de produtos sem a reposição de nutrientes, acarreta a perda da fertilidade da terra. Levando em consideração o tipo de solo da região, isso pode intensificar os processos de degradação do bioma. A agricultura irrigada, realizada sem levar em conta as características físicas da localidade, também pode acarretar sérios problemas, como salinização, erosão e lixiviação. O uso de

máquinas também pode interferir na boa conservação do solo, pois poderá ocasionar processo de compactação, entre outros (SANTOS, 2009).

A retirada da cobertura original do solo do bioma caatinga é um dos primeiros indicadores dos processos de degradação e desertificação da região, pois, além de interferir nas condições físicas, afeta o desenvolvimento e a manutenção de atividades ligadas ao social, econômico, cultural (ANDRADE e OLIVEIRA, 2004). Precisa-se urgentemente da implementação de estratégias e de planejamento que visem ao uso racional dos recursos e, conseqüentemente, à melhoria da qualidade de vida no semiárido. Pode-se dizer que a erosão é um dos problemas mais graves na escala de degradação, porque geralmente provoca impactos irreversíveis ao meio ambiente. No que diz respeito ao Nordeste, mais precisamente ao semiárido, os processos erosivos tornam-se preocupantes, já que o solo está cada vez mais vulnerável devido à ação antrópica intensificadora e à própria fragilidade do material pedológico: solos rasos, cascalhentos e muitas vezes areno-argiloso (SÁ et al., 1994).

A salinização tem contribuído bastante para o aumento da degradação do semiárido: “A salinização é um processo que ocorre basicamente pelo acúmulo de sais solúveis e/ou sódio trocável no complexo de troca do solo” (SAMPAIO, 2005). A suscetibilidade dos solos à salinização dependerá da água que é utilizada na irrigação de lavouras, como também dos tipos e perfis de solos predominantes.

A compactação do solo é ocasionado por práticas de manejo inadequado dos rebanhos, principalmente na pecuária extensiva. Nesse tipo de técnica de criação de animais, geralmente o rebanho fica à solta em grandes extensões de terras sem que os proprietários tenham a preocupação em fazer o rodízio apropriado do pasto. Pode-se afirmar, portanto, que os processos de compactação do solo através de algumas atividades econômicas, como a pecuária, não degradam tanto o meio ambiente local, quanto outras. Porém, embora a pecuária não seja uma atividade das mais prejudiciais ao bioma caatinga, se somada aos demais impactos que a região vem sofrendo, poderá haver um efeito bem mais intenso. A preocupação com o desmatamento e o aceleração dos processos de degradação do bioma caatinga tem levado pesquisadores, órgãos governamentais, ONGs, setor privado e outros atores sociais a empenharem-se na busca de um desenvolvimento econômico sustentável para a região Nordeste. Foi assim que muitas experiências alternativas surgiram, como a agroecologia, o extrativismo controlado de algumas matérias-primas da caatinga e o turismo ecológico (PRUDÊNCIO e CÂNDIDO, 2009).

A necessidade crescente de representação do espaço geográfico e dos fenômenos possibilitou o surgimento de avanços tecnológicos como: a cartografia digital, o sensoriamento remoto (SERE) e o geoprocessamento (SIG's). O que permitiu uma constante análise e sistematização do conhecimento geográfico para o aprimoramento de pesquisas em Geografia, principalmente dentro do âmbito da questão ambiental. A análise de mudanças ambientais ocorridas em uma região somente pode ser amplamente estudada com o emprego de imagens de satélites (SERE) que possibilitam o estudo do espaço ao longo do tempo e também do geoprocessamento (SIG), que permite a aquisição, armazenamento e manipulação de

informações de forma rápida e eficiente, proporcionando a tomada de decisões e dirimindo os impactos ambientais (RODRÍGUEZ, 2005).

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados permitem concluir que:

- Em relação aos níveis de degradação das terras, houve redução nos níveis de degradação baixa e moderado baixa (6,4 km²; 72,0 km²), o que apresenta uma redução nas áreas mais preservadas da região. No entanto, o nível de degradação moderada teve aumento significativo (116 km²), este avanço no processo de degradação é consequência do desmatamento para diversos fins, o risco a uma degradação de nível elevado é evidente.

- Em toda a área estudada e pelos relatos da população em mais de 10 anos sem produtividade, muitas áreas foram abandonadas, dando prioridade a agricultura de subsistência, o que mostra o aumento da vegetação semidensa. Já a redução da vegetação que apresenta densidade e o solo mais exposto foram características da exploração da pecuária extensiva, desmatamento, implantação de loteamentos da construção civil e o aumento da densidade demográfica. Essas atividades provocam perdas de biodiversidade, desencadeando processos erosivos e provocando assoreamento dos açudes.

- As atividades antrópicas como: utilização inadequada das terras agrícolas, práticas deficientes no manejo de solos e água, desmatamento, remoção da vegetação natural, pastoreio excessivo, rotação incorreta de culturas e práticas não conservacionistas contribuíram diretamente na degradação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbosa, E. I.; Nascimento, S. R.; Pordeus, R. Batista. Percepções da caatinga, um bioma único e exclusivo do semiárido brasileiro. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro Campina Grande – PB. 2005.

Brasileiro, Robson S. Alternativas de Desenvolvimento Sustentável no Semiárido Nordeste: da Degradação à Conservação. Scientia Plena, v. 5. n. 5, 2009.

Cândido, H.G. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. 2000, 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande-PB, 2000.

Costa Filho, J. F. Avaliação dos componentes do balanço de energia e evapotranspiração em região semiárida usando imagens orbitais landsat-5 TM e terra-MODIS. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Ciências e Tecnologia Programa Institucional de Pós-graduação em Recursos Naturais. 2005

Chaves, I. B.; Francisco, P. R. M.; Lima, E. R. V.; Silva, B. B.; Brandão, Z. N.; CHAVES, L. H. G. Índices espectrais, diagnóstico da vegetação e degradação da caatinga na Bacia do Rio Taperoá-PB. Cap.2, p.23-47, 2013. In: SILVA, B. B. da (org.). Aplicações brasileiras de geoprocessamento e sensoriamento remoto. EDUFPG: Campina Grande-PB, 2013.

Florenzano, T.G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo, Oficina de Texto, 2011.

Marengo, J.A.; Alves, L.M.; Beserra, E.A.; Lacerda, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas. Capítulo 13, p.383-422, 2011.

MMA/IBAMA, (2010). Monitoramento dos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/IBAMA. Brasília, 12 de mar. 2010.

Prudêncio, Marivan Almeida; Cândido, Daniela Karina. Degradação da vegetação nativa do município de Assú/RN: indicadores e ações mitigadoras. Sociedade e Território, Natal, v. 21, nº 1 – 2 (Edição Especial), p. 144 -156, jan./dez. 2009.

Rodríguez, Ana Cristina Machado. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados na Análise da Legislação Ambiental no Município de São Sebastião (Sp). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. p. 6. 2005. Dissertação de Mestrado.

Sampaio, E. V. S. B; Araújo, M. S. B. Desertificação no Nordeste do Brasil. In Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais do..., 2005.

Santos, Laércio Leal dos. Quantificação do escoamento superficial e erosão do solo em regiões semiáridas. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 2. n.1, jan/abril 2009, pp. 14 – 25.

SÁ Talita Freitas Filgueira; Costa Filho Jose Ferreira; Francisco Paulo Roberto Megna; Júnior, Joel Martins Braga. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. Recife - PE, Julho de 2010 p. 001 – 004.

Thomaz, C; Costa, C. et al.. Análise da Degradação da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13. 2009. pp.961-974.

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUA PLUVIAL PARA CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR

DIMENSIONING OF A RAINWATER REUSE SYSTEM FOR MULTIFAMILIARY CONDOMINIUM

Ana Paula Andrade Santos Dantas¹
Deisilayne Menezes da Silva Alves²
Ingrid Cavalcanti Feitosa³
Lays Carvalho de Almeida⁴
Nayára Bezerra Carvalho⁵

Resumo

A água um recurso finito e fundamental para a vida, é necessário traçar estratégias para usá-la de maneira inteligente, de modo a preservar os recursos naturais. Desta forma, o objetivo desse projeto é dimensionar um sistema de captação e armazenamento de água pluvial para atender às áreas comuns de um condomínio multifamiliar, analisando os principais parâmetros exigidos pelo Ministério da saúde para reuso destinado a fins não potáveis, além de avaliar a relação custo benefício e o nível de interesse dos moradores em contribuir com o projeto. Realizou-se uma análise qualitativa da água pluvial e análise quantitativa da futura economia de recursos financeiros com a adoção desse sistema, para o qual foi dimensionado um reservatório com 120 m³ de capacidade de armazenagem. Com isso, estimou-se que em aproximadamente 70 meses haverá um retorno financeiro do investimento no sistema, pela diminuição da demanda de água potável no condomínio.

Palavras-chave: Água. Pluvial. Consumo. Aproveitamento. Reúso.

Abstract

Water is a finite and fundamental resource for life, it is necessary to devise strategies to use it intelligently, in order to preserve natural resources. Thus, the objective of this project is to design a rainwater collection and storage system to serve the common areas of a multifamily condominium, analyzing the main parameters required by the Ministry of Health for reuse for non-drinking purposes, in addition to assessing the relationship cost benefit and the level of interest of residents in contributing to the project. A qualitative analysis of rainwater and a quantitative analysis of the future economy of financial resources was carried out with the adoption of this system, for which a reservoir with 120 m³ of storage capacity was designed. Thus, it was estimated that in approximately 70 months there will be a financial return on investment in the system, due to the decrease in the demand for drinking water in the condominium.

Keywords: Water. Rain. Consumption. Use. Reuse.

Introdução

A necessidade da água para sobrevivência humana é incontestável. Considerada o princípio da vida, água é também fundamental para a conservação dos ecossistemas do planeta. Apesar de tamanha importância, ao longo dos anos esse recurso vem sendo utilizado de maneira desordenada. O planeta terra tem a maior parte da sua superfície coberta por água, por isso a ideia de que esse bem seja infinito, porém apenas uma pequena parte dela é apropriada para fins humanos e no tocante da potabilidade essa parcela é ainda menor.

¹ Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes E-mail: paulaandrade_eng@hotmail.com.

² Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: deisii.menezes@gmail.com.

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: ingridc.feitosa@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail:lays-carvalho@hotmail.com

⁵ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes.. E-mail: nayarabc.eng.prof@gmail.com

Além disso, a ocupação desordenada, o aumento populacional e a poluição dos mananciais reduzem ainda mais a quantidade de água potável no mundo. Assim, é notável que a disponibilidade de água com o passar dos anos é inversamente proporcional a demanda. Essa situação tem alavancado pesquisas e inovações que permitem a redução do consumo de água potável, através da reutilização de águas pluviais, e quiçá, além desses benefícios, o financeiro.

No Brasil, apesar de possuir um grande patrimônio hídrico, a escassez tende a aumentar devido o desperdício e a alta concentração populacional em áreas onde há pouca disponibilidade de água. Além disso, o intenso desmatamento das áreas de nascente, principalmente do serrado, para a utilização do terreno na agropecuária, torna-se prejudicial ao ciclo hidrológico.

Segundo Mancuso (2003), observa-se que a água é utilizada não só para o consumo humano, como também indiretamente na agricultura, pecuária e indústria. Assim sendo, torna-se necessário adotar medidas para economizá-la. O uso inteligente é uma maneira de preservar os mananciais, para isso é preciso conscientizar a população fazendo com que a ideia de economizar a água seja difundida através dos meios de comunicação, palestras educacionais, bem como trabalhos científicos.

Ademais, o desenvolvimento de técnicas e sistemas para reutilizar a água representa um marco importante no uso inteligente da água. Hoje em dia, a construção civil busca almejar o desenvolvimento sustentável, uma vez que, este setor gera grandes impactos ao meio ambiente através do consumo excessivo de recursos naturais e da geração de resíduos. A necessidade de reduzir este problema fez com que o setor procurasse melhorar seu desempenho ambiental na concepção e construção de seus empreendimentos. Neste contexto, o presente trabalho tem como foco o desenvolvimento de um sistema para redução do consumo total de água potável através do reaproveitamento da água pluvial para fins não potáveis, bem como a sua análise de tempo de retorno do investimento, como incentivo à disseminação da importância do uso inteligente e reuso de água.

Metodologia

Delimitação da Área de Estudo e Levantamento de Dados Pluviométrico

O caso em estudo deu-se a partir de um condomínio X, localizado no município de São Cristóvão/SE. Este Condomínio é composto por três torres. Cada torre é composta por 6 pavimento, contendo 8 apartamentos em cada pavimento. Totalizando 168 unidades habitacionais. A análise dos dados pluviométricos se fez necessário o levantamento da série histórica de chuvas da região desejada. Neste caso, por ser mais próximo do condomínio estudado e ter os dados necessários disponíveis para consulta, foi utilizada a série histórica da estação pluviométrica localizada na cidade de Aracaju/SE.

O dado da precipitação total anual foi obtido com a leitura dos mapas disponibilizados pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para a estimativa dos dados da precipitação

média mensal utilizou a leitura de mapas disponibilizado mês a mês de cada ano pelo site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE).

Análise Laboratorial da Água Captada

O Instituto Tecnológico e de Pesquisa do Estado de Sergipe (ITPS) foi o laboratório escolhido para fazer a análise da água captada. Para que se conseguisse avaliar o sistema de tratamento necessário para a utilização da água captada. Desta forma, para que fosse feita essa análise, o primeiro passo foi montar o sistema para captar uma amostra dessa água, conforme ilustrado na Figura 1. A captação seguiu as orientações do laboratório, utilizando copos descartáveis inutilizados que foram higienizados antes da coleta e o sistema foi posicionado no telhado afim de facilitar a captação. O material foi coletado na manhã do dia vinte e seis de outubro de 2017.



Figura 1: Sistema de captação para amostra laboratorial.

Componentes Básicos de um Sistema de Captação de Água Pluvial

Segundo ACQUASAVE (2008), o sistema de captação de água da chuva é composto por quatro componentes básicos: Captação da água, filtragem, armazenamento, distribuição.

O projeto para captação da água da chuva foi feito para que a água fosse captada através do telhado das três torres do condomínio. Essa água será direcionada para calhas e através de tubos condutores será levada para os reservatórios inferiores onde ficarão armazenadas. Foram utilizados 4 reservatórios enterrados interligados por torre. Através de uma bomba a água será impulsionada até um reservatório superior menor e por fim utilizando-se da gravidade será levada até as torneiras posicionadas próximas das áreas comuns.

Como o intuito do projeto é a utilização de águas pluviais para fins não potáveis, no sistema para captação e reúso foi utilizado apenas um filtro. O armazenamento foi feito em reservatório enterrado de polietileno para que a água não sofresse a influência da luz e do calor, retardando desse modo a ação das bactérias. O reservatório escolhido em projeto já possui um extravaso de descarte.

Análise Quantitativa do Consumo de Água do Condomínio e Dimensionamento do Reservatório.

O consumo de água do condomínio nas áreas comuns, como na limpeza e irrigações dos jardins, realizou uma pesquisa de campo com os moradores para estimar o consumo médio de cada apartamento e subtraiu esse valor do consumo total médio do condomínio dos últimos doze meses, disponibilizado pelo síndico. Dessa forma estimou-se o valor para esse consumo.

O dimensionamento da capacidade do reservatório de água pluvial de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), pode ser feito com qualquer método, a critério do projetista. Para esse estudo o dimensionamento do reservatório de armazenamento foi realizado com três diferentes métodos, para que pudesse avaliar qual melhor atenderia a esse estudo de caso. Os métodos utilizados foram:

Método Prático Brasileiro ou Método Azevedo Neto

O Método Prático Brasileiro ou Método Azevedo Neto, foi o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007). O volume do reservatório de água pluvial é calculado por meio da equação 1:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (1)$$

Onde: V é o volume do reservatório de água pluvial (L); P é a precipitação média anual (mm); A é a área de captação em projeção no terreno (m²); e T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

Método Prático Inglês

O dimensionamento do reservatório de água pluvial pelo método prático inglês, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), deve-se utilizar da equação 2:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (2)$$

Onde: V é o volume de água pluvial, ou o volume do reservatório de água pluvial (L); P é a precipitação média anual (mm); e A é a área de captação em projeção no terreno (m²).

Método baseado na Demanda

Nesse método levou-se em consideração a oferta e demanda para cada mês, com base em valores de precipitação mensal dos últimos trinta anos para essa região e no valor médio da demanda de água do condomínio. Desconsiderou as possíveis perdas durante o escoamento e considerou-se que, os dados históricos de precipitação são representativos para as condições futuras. Dessa forma, o cálculo foi feito mês a mês através da equação 3:

$$S_t = (P \times A) + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (3)$$

Onde: P é a precipitação média no tempo t (mm); A é a área de captação (m²); S_t é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L); $S_{(t-1)}$ é o volume de água pluvial no reservatório no tempo $t - 1$ (L); e $D_{(t)}$ é a demanda de água pluvial no tempo t (L).

Para esse estudo de caso, notou-se que o volume ideal de armazenamento suficiente para suprir a necessidade anual do condomínio sem que fosse necessário utilizar a água disponibilizada pela companhia de abastecimento é facilmente encontrada aplicando a equação 4.

$$V = D + 50\% D \quad (4)$$

Onde: V é o volume do reservatório (m^3); e D é a demanda média mensal do condomínio (m^3).

Análise de Custo de Implementação e Avaliação de Retorno de Investimento e Eficiência

Os custos de implantação do sistema proposto, foram levantados dados referentes ao tipo de reservatório a ser instalado; condições de instalações, materiais e mão-de-obra. De posse desses dados utilizou o software ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe), programa disponível gratuitamente pela CEHOP (Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas) para encontrar o valor total de investimento para a implantação do sistema.

A avaliação da eficiência do sistema, no âmbito financeiro determinou-se o consumo mensal em m^3 do gasto do condomínio para áreas comuns e o valor pago referente a este consumo. O condomínio, está ligado à rede pública de coleta de esgoto, portanto o custo do consumo de água foi acrescido com o custo de coleta de esgoto, que é 80% do custo de água tratada. Este valor foi calculado através da equação , levando em consideração os valores disponíveis no quadro tarifário da DESO,

$$Gm = Ta + Te \quad (5)$$

$$Ta = Tm + (\text{quantidade de } m^3 \text{ excedente a } Tm \times Fc) \quad (6)$$

$$Te = 0,8 \times Ta \quad (7)$$

Onde: Gm é o valor do gasto mensal em reais; Ta é o valor pago pelo consumo de água em reais; Te é o valor pago pelo serviço de coleta de esgoto em reais; Tm é a valor da taxa mínima de consumo; e Fc é o valor para cada faixa de consumo.

Em seguida, para determinação da economia mensal, diminuiu do valor encontrado a partir da estrutura tarifaria da DESO os gastos mensais referentes as taxas mínimas que devem ser criteriosamente pagas a companhia de abastecimento e saneamento. O valor pago inclui o consumo de água e os gastos com coleta de esgoto. A partir daí, realizou-se uma análise dos valores economizados mensalmente com a implantação do sistema. Levando em consideração o custo para implantação, a viabilidade econômica e a permissividade de projeto, uma vez que, o projeto foi realizado em condomínio existente e habitado.

Para determinar o tempo de retorno utilizou da equação 8.

$$T_r = \frac{C_{Imp}}{E} \quad (8)$$

$$E = Gm - Tx \quad (9)$$

Onde: T_r é tempo de retorno em anos; C_{imp} é o custo total para implantação do projeto em reais; E é a economia mensal em reais; Gm é gasto mensal em reais; e Tx é o valor da taxa mínima para consumo de água e coleta de esgoto.

Aplicação de Questionário de Educação Ambiental

Por fim, realizou-se um questionário com 100 moradores do condomínio, com o intuito de avaliar o interesse e o entendimentos de cada um sobre o reúso de água.

Resultados e Discussões

O valor médio para precipitação anual dos últimos 30 anos foi de 1160 mm, pouco superior ao valor médio para os últimos 10 anos, onde com o cálculo da média obteve-se valor igual a 1100 mm. É perceptível que as chuvas são mais abundantes nos meses de abril a agosto, tendo seu ponto máximo no mês de maio. Nos demais, os índices pluviométricos caracterizam o período de estiagem sendo os meses de novembro e dezembro os mais secos.

De acordo com os resultados da Tabela 1 é possível afirmar que o valor de 0,2 uH encontrado na análise laboratorial de cor aparente da água atende a norma que estabelece como parâmetro valor menor que 15 uH para reúso de água para fins não potáveis. Bem como, no resultado do ensaio de turbidez o valor encontrado foi menor que o limite de 5 uT para amostras de 100 ml.

Tabela 1: Comparativos dos resultados obtidos na análise com os padrões exigidos pela NBR 15527.

Parâmetros	Resultado Análise	Padrões NBR 15527 (ABNT, 2007)
Turbidez	4,60 uT	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor Aparente	0,2 uH	< 15 uH
Coliforme Totais	2,2 x 10 ³ NMP/100mL	Ausência em 100mL

No entanto, a análise quantitativa de coliformes totais obteve o resultado de 2,2 x 10³ NPM/100mm, ultrapassando o limite mínimo estabelecido por norma, no entanto, esse valor já era esperado, uma vez que, durante a coleta por mais cuidadosa que seja existe a possibilidade de contaminação, e considerando que foram analisadas apenas uma amostra. Além disso, foi coletada a amostra das primeiras águas que caíram, o que pode ter interferido na qualidade da água, uma vez que, o ideal seria coletar a água após um tempo de chuva, pois está possui uma qualidade melhor, pelo fato de haver menos sólidos suspensos no ar e a probabilidade de contaminação ser menor.

Vale ressaltar ainda, que a técnica do ITPs relatou que é comum a presença de coliformes totais em amostras de água pluvial. Porém, ainda assim, é necessário a utilização de um sistema de tratamento com filtro. Nesse caso, não será necessário a cloração pois a água será utilizada apenas para reúso não potável. Com isso, é preciso instalar placas para advertir os usuários sobre as restrições do uso da água ao lado dos pontos de distribuição.

O valor total encontrado para a área inclinada de captação foi 1267,32 m², configurando um alto potencial de captação. A NBR 15527 (ABNT, 2007) não especifica como determinar o número de meses de pouca chuva ou seca utilizado no Método de Azevedo Neto para o dimensionamento do reservatório. Desse modo, neste trabalho, os meses que possuem uma precipitação igual ou inferior a 80% da precipitação média mensal considerada em projetos de 126 mm, de acordo com a NBR 10884 (1989), foram considerados como de pouca chuva ou estiagem. Encontrando um valor igual a 7 meses. Esse resultado, coincide com o valor de número de meses de pouca chuva ou estiagem disponibilizado pelo site da Secretaria de Estado e Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH,2017).

Na análise do consumo médio mensal por apartamento encontrou-se o valor de 6,65 m³, visto que a média de ocupação por apartamento é de 2 pessoas. Com os valores mensais de consumo total (consumo do condomínio mais consumo de cada apartamento) disponibilizado pelo síndico, obteve-se um valor médio de 1197m³ por mês. Com isso, encontrou-se o consumo mensal médio de 79,8 m³ utilizados para atender as necessidades do condomínio nas áreas comuns.

No comparativo entre os métodos de dimensionamento do reservatório, observou-se que pelo Método de Azevedo Neto para dimensionamento de reservatório obteve-se um volume igual a 432,21 m³, nesse caso o custo de implantação seria elevado e poderia ocorrer ociosidade de água armazenada, além de apresentar um volume de armazenamento superdimensionado. O resultado encontrado para o dimensionamento de acordo com o Método Prático Inglês foi de 73,50 m³, disponibilizando um volume de reservatório que não supriria o consumo mensal em nenhum dos meses do ano.

De acordo com Nicolau (2017), o Método de Azevedo Neto superdimensiona o volume do reservatório, pois utiliza a variável de meses de pouca chuva, porém não descreve como defini-la. Com isso, este método é mais aplicado em regiões onde ocorre escassez de água em determinados períodos do ano e não existe outra fonte de abastecimento de água. Em contrapartida, o Método Inglês, é menos complexo e de fácil aplicação, desse modo é mais aplicado em residência unifamiliar ou em pequenos estabelecimentos.

Com isso, para obter também o volume do reservatório utilizou-se um procedimento de cálculo baseado na demanda. Sendo assim, observou que um reservatório com um volume de 120 m³ seria o ideal para esse projeto. Pois, durante o período em que o volume captado é maior que a demanda, o reservatório conseguirá armazenar a quantidade suficiente para suprir a necessidade nos meses em que o volume captado é menor que a demanda. O comportamento mensal do reservatório está ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2: Comportamento do reservatório para cada mês.

Mês	Água armazenada (m ³)	Descarte (m ³)
Janeiro	-13,05	0
Fevereiro	-4,69	0
Março	17,45	0
Abril	117,74	0
Maio	120	167,18
Junho	120	144,09
Julho	120	110,83
Agosto	120	48,09
Setembro	120	1,79
Outubro	115	0
Novembro	89,36	0
Dezembro	62,14	0

É possível observar que o período em que o reservatório começará a funcionar influencia no seu comportamento para o primeiro ano, pois se o sistema for instalado em janeiro ou fevereiro, por ser um dos meses críticos quanto ao volume de chuva, o total armazenado não atenderá a demanda inicialmente. Com tudo no decorrer do ano o reservatório irá armazenar o volume suficiente para o abastecimento dos mesmos meses do ano seguinte e ainda trabalhará com uma folga para os meses em que a precipitação for menor que a média obtida. Nos meses de maio a setembro devido aos altos índices de pluviosidade, o reservatório não suporta toda a água captada, sendo assim a parte que excede os 120 m³ é direcionada para a rede de drenagem pluvial através do extravasor acoplado ao mesmo.

O valor total de reserva foi dividido para as três torres do condomínio. Dessa maneira será instalado em cada torre quatro reservatórios inferiores interligados de 10 m³, mais um reservatório superior de 1,5 m³. O reservatório escolhido foi o da linha de cisternas de alta densidade da Amanco, devido a sua disponibilidade no mercado, alta capacidade de armazenamento (10000L), facilidade de instalação e transporte. Além disso essa linha permite que os reservatórios sejam enterrados, facilitando o desenvolvimento do projeto de locação.

A calha para captação tem 36 cm de largura, feita de concreto com uma manta impermeabilizadora, que já era utilizada na drenagem do telhado anteriormente. De acordo com o dimensionamento executado pelo software AltoQI Hydros os tubos de drenagem terão diâmetros de 100 mm, que após se unirem através de uma junção 100 x 150 mm, tornam-se um único tubo de 150 mm por onde a água será conduzida até o reservatório.

Antes de chegar ao reservatório a água é direcionada para o filtro utilizado no sistema. O filtro escolhido para o Sistema foi o CICLO 250. Sua escolha foi baseada nas especificações do fabricante. Pois, segundo o Manual de Instalação da CICLODAGUA (2017), ele é apropriado para reaproveitamento de água pluvial em fins não potáveis e comporta telhados de até 350m², separando até 99% das partículas sólidas, além de contar com um sistema próprio de descarte.

No caminho percorrido pela tubulação foram utilizados, joelhos de 45°x 150mm, sendo que o Hydros calcula a perda de carga gerada pelas conexões, assim como a vazão necessária

para o bom funcionamento do sistema. Para a interligação dos reservatórios usou-se um tudo de 110mm de PVC soldável marrom, posicionado na parte inferior do reservatório, a fim de que elas recebam a água captada igualmente.

Para impulsionar a água até o reservatório superior foi utilizada uma bomba, adotando-se o diâmetro de sucção de 32 mm de PVC soldável, também indicado pelo Hydros, o tubo sai direto do reservatório até a bomba. O diâmetro de recalque utilizado foi de 25mm de PVC soldável, apropriado para água fria. Do reservatório superior, ilustrado na Figura 2, a água vai até os dois pontos de abastecimento através da gravidade. As torneiras foram instaladas a uma altura de 30 cm do solo, em cada lado da torre.

O investimento total para instalação desse projeto foi orçado em R\$ 144.501,66 e mais detalhadamente no Apêndice E. Através do quadro tarifário da DESO (companhia de saneamento de Sergipe), obteve-se o valor em reais referente ao gasto mensal de 79,8m³. O valor encontrado foi de R\$ 2134,12. Porém para o cálculo da estimativa do tempo de retorno foi abatido desse valor a quantia de R\$ 59,40 referentes a taxa mínima mensal de água e coleta de esgoto, obtendo-se R\$ 2074,72 de economia mensal.

Considerando que o consumo de cada apartamento seja maior que a taxa mínima de 10 m³ ofertada pela DESO, o valor gasto pelo condomínio será rateado entre os moradores. Com a instalação desse projeto não haverá necessidade da taxa de rateio ser repassada para os condôminos, pois a demanda será suprida com o reservatório de captação de água pluvial.

De posse dessa informação e com base nos dados das estimativas de custo de implantação, operação dos sistemas e de economia mensal, notou-se que em 70 meses o total economizado irá se equiparar ao total investido. A partir do 71º mês o sistema de aproveitamento de água da chuva passará a ser lucrativo. Além de, poupar anualmente um volume de 957,6 m³ de água tratada para fins não potáveis. Devido à escassez de água e a crise hídrica iminente o desenvolvimento de técnicas, que reduzam os gastos de água potável, torna-se de extrema importância, com base nisso a viabilidade do sistema é reforçada.

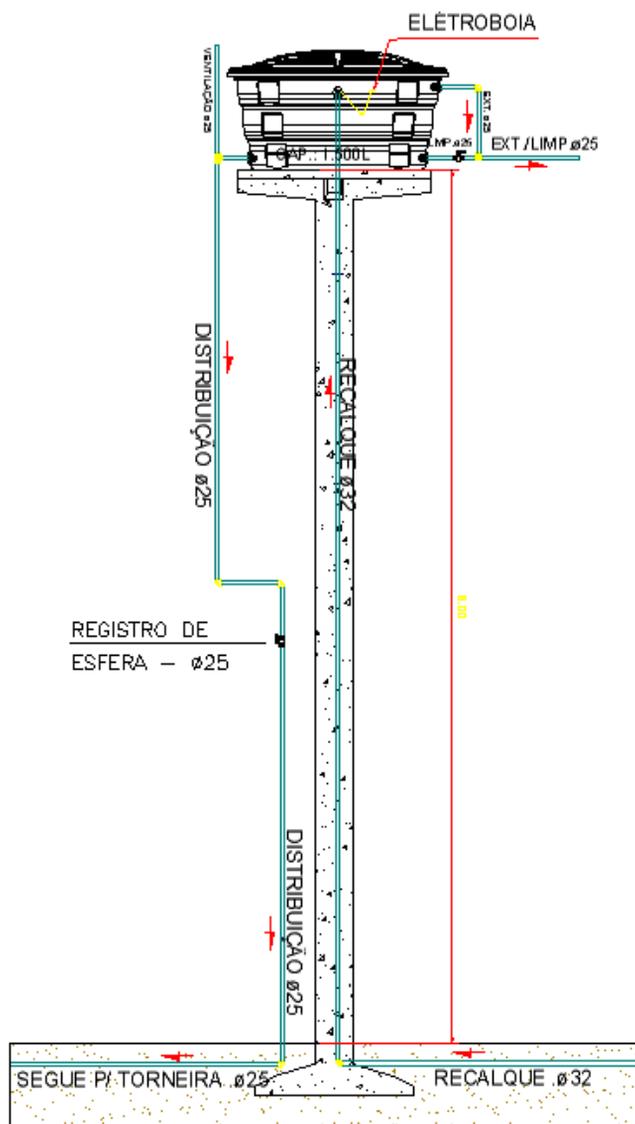


Figura 2: Detalhe da estação elevatória do sistema.

Através do questionário aplicado a uma amostra de 100 pessoas, obteve-se o perfil dos moradores do condomínio em questão. Ao analisar o questionário foi possível perceber que maioria das pessoas consideram o consumo de baixo a razoável, alguns entrevistados consideraram o consumo alto em relação ao valor pago na conta de água. Com relação ao nível de interesse por parte dos moradores na preservação ambiental obteve-se um alto número de pessoas que se interessam pelo tema, sendo esse um ponto positivo para o projeto. Desse modo, a minoria pouco ou nada interessada poderia ser informada através desse trabalho sobre a importância de cuidar bem dos recursos naturais.

Em relação ao conhecimento sobre reúso de água todos os entrevistados afirmaram conhecer essa técnica. Ao serem abordados sobre o reúso de água da chuva no condomínio, grande maioria dos entrevistados mostrou-se receptiva a ideia, demonstrando considerável interesse. Cerca de 92% dos entrevistados cofiam no reúso de água, porém com algumas ressalvas, a grande preocupação dos condôminos está na destinação da água aproveitada. O reaproveitamento para consumo humano ainda é acompanhado de desconfiança e resistência de 44% dos entrevistados. Ao caracterizar o destino da água para fins não potáveis o interesse dos

moradores aumenta, sendo o projeto baseado nesse fim, essa informação viabiliza o sistema com relação a aceitação dos condôminos.

É perceptível o interesse dos condôminos na economia gerada pelo sistema, no valor gasto na instalação, e a recuperação do investimento inicial. Cerca de 81 % dos entrevistados tem um interesse grande pelo projeto, desde que este traga um benefício financeiro de curto a médio prazo. Com isso nota-se que a sustentabilidade atrai a atenção das pessoas, porém é necessário o retorno financeiro para a viabilização de um sistema sustentável.

A aplicação do questionário foi de suma importância para o desenvolvimento do projeto, pois permitiu conhecer o perfil dos moradores, além de analisar o nível de conscientização ambiental. De posse dessas informações a viabilidade do projeto quanto a aceitação pública é comprovada, entretanto é notável a necessidade de disseminar durante as reuniões de condomínio a ideia de preservação dos recursos naturais, através de palestras informativas e distribuição de panfletos para que a sustentabilidade por si só seja também uma ideia atraente.

Considerações Finais

A crise hídrica e o esgotamento dos recursos naturais fazem parte de um cenário futurista, porém, real. Na busca de técnicas que minimizem o consumo de água potável, a instalação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais mostra-se tecnicamente viável, desde que a água seja reutilizada para fins não potáveis onde a tubulação de água da chuva e a de água potável não se misturem e os pontos de abastecimento de água pluvial estejam sinalizados para evitar a contaminação dos usuários.

Para o dimensionamento do sistema, o consumo do condomínio, a precipitação média mensal dos últimos 30 anos e a área de captação foram determinantes na obtenção do volume do reservatório, este por sua vez atende à demanda do condomínio em todos os meses do ano, armazenando água suficiente para suprir os meses de outubro a fevereiro, onde os índices pluviométricos são mais baixos e o volume de chuva não atenderia a demanda. Sendo assim, a economia de água potável é satisfatória e considerável, além disso o projeto representa um auxílio ao sistema de drenagem, contribuindo para o escoamento do condomínio.

Através da coleta de dados e análise da opinião pública constatou-se que o nível de aceitação do projeto pelos moradores é alto, grande parte deles têm um interesse em preservação dos recursos naturais, contudo a ideia de sustentabilidade por si só ainda precisa ser amadurecida, sendo assim o retorno financeiro é determinante para aceitação da implantação do sistema.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10884**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR15527: água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS(CPTEC/INPE). **Dados da precipitação mensal dos últimos trinta anos**. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>>. Acesso: 04/11/2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual>>. Acesso em 13/10/2017.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003.

NICOLAU, A. P.; CARMO, D. F. **Comparação entre métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais**. Congresso ABES. FENASAN, 2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS – SEMAHR. 2017. Disponível em: <http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/index.php/macroplanejamento/bacias_hidrograficas/estadoClima/estado>. Acesso: 24/10/2017.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS SEMARH. **Programa de águas de usos diversos**. Distrito Federal, 2012. Disponível em: <<http://www.semarh.df.gov.br/qualiar/Pdf/REVISTAREUSO-AGUAS.pdf>> Acesso em: 29/08/2017.

CAPÍTULO 3

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE: A IMPLANTAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

ENERGY AND SUSTAINABILITY: THE IMPLEMENTATION OF WIND ENERGY IN BRAZIL

Lucas Cardoso Machado dos Santos¹
Yuri José Luz Moura²

Resumo

O referido trabalho objetiva apresentar um levantamento sobre a implantação da energia eólica, no território brasileiro, como uma das melhores fontes de energia renovável para a preservação da sustentabilidade, mostrando conceitos e ideias estudadas a partir da pesquisa de trabalhos acadêmicos de autores com relevância sobre o tema. A produção e implantação dessa fonte de energia se apresentam como um dos pontos principais para preservar os recursos ambientais. Metodologicamente, o trabalho tem caráter exploratório e descritivo diante de estudos bibliográficos que se discorre ao longo deste. Os resultados obtidos mostram que o Brasil diante do seu potencial eólico, apresenta grandes proporções no crescimento da produção eólica, incluindo os incentivos e investimento no desenvolvimento de novos projetos de energia. Conclusivamente, são notáveis os grandes benefícios gerados pela implantação e produção da energia eólica, verificando-se a preservação dos pilares da sustentabilidade, ou seja, socioambiental e econômico.

Palavras-chave: Fontes de energia sustentável. Energia eólica. Sustentabilidade.

Abstract

This work aims to present a survey on the deployment of wind energy, in the Brazilian territory, as one of the best sources of renewable energy for the preservation of sustainability, showing concepts and ideas studied from the research of academic works of authors with relevance on the theme. The production and implementation of this energy source are presented as one of the main points for preserving environmental resources. Methodologically, the work has an exploratory and descriptive character in the face of bibliographic studies that are discussed along this one. The results obtained show that Brazil, given its wind potential, has great proportions in the growth of wind production, including incentives and investment in the development of new energy projects. In conclusion, the great benefits generated by the deployment and production of wind energy are notable, with the preservation of the pillars of sustainability, that is, socio-environmental and economic, being verified.

Keywords: Sustainable energy sources. Wind energy. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a problemática socioambiental apresenta grande espaço no âmbito social, principalmente por ser ocasionada pela ação humana e pela confirmação de que afeta tanto o equilíbrio ecológico do planeta, como a existência de diversas formas de vida. Além disso, a natureza ainda continua sendo tida como uma simples fonte de recursos e um lugar para abrigar as falhas das atividades humanas (Silva; Reis; Amâncio, 2011).

A degradação do meio ambiente e as mudanças climáticas têm estado frequentemente em discussão em noticiários, entre os cientistas, órgãos governamentais e no mundo empresarial (Pinto; Martins; Pereira, 2017). Diante desta situação, vem se buscando novas formas de preservação ambiental, empregando a sustentabilidade como pilar principal para o desenvolvimento de práticas conservadoras do meio ambiente.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário UniFacid. E-mail: lucascms99@gmail.com

² Bacharel em Engenharia Mecânica, Mestre em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Piauí e professor do Departamento de Engenharia do Centro Universitário – UniFacid. E-mail: yuri.moura@professores.facid.edu.br

Em 12 de fevereiro de 2005, entrava em vigor o acordo climático Protocolo de Quioto, o qual estabelecia três mecanismos para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, dentre eles o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, onde países em desenvolvimento como o Brasil, podem ajudar os países signatários do acordo a reduzir suas emissões a partir da venda de créditos de carbono como, por exemplo, projetos de energia renovável (Falleiro; Gastaldini; Andrade 2014).

No ano de 2008, muitos países, inclusive o Brasil, obtiveram programas oficiais para propagação das fontes de energias renováveis, principalmente hídricas e biomassa. Contudo as chamadas “outras fontes”, foram beneficiadas com os avanços de pesquisas e aplicações. Dentre essa “outras fontes” está a energia solar, geotérmica, do mar e a energia eólica, onde são de caráter renováveis e portando corretas do ponto de vista ambiental (ANEEL, 2008).

Uma das fontes de energia renováveis que vem ganhando espaço no território brasileiro é a energia eólica, a qual é obtida da energia cinética das massas de ar. Entre os anos de 2010 e 2015 a oferta dessa fonte de energia cresceu numa média de 21% ao ano no mundo, o que tende para uma consolidação desse tipo de energia na matriz energética brasileira ser incontestável (Rodrigues; Perobelli; Vasconcelos, 2017).

Neste sentido, diante do exposto apresentado, o presente estudo tem por finalidade apresentar, através de pesquisa bibliográfica, um levantamento sobre a implantação da energia eólica, no território brasileiro, como uma das melhores fontes de energia renovável para preservação da sustentabilidade. A principal justificativa é apresentar a energia eólica como uma promissora fonte energética limpa, onde atende aspectos de fonte correta a favor da preservação do meio ambiente.

2. ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é aquela obtida a partir da energia cinética das massas de ar, a qual é a incidência da movimentação do vento sobre as pás do cata-vento. Ao movimentar, as pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade. O potencial de energia elétrica a ser produzido, proveniente da transferência de energia mecânica, está diretamente relacionado à velocidade do vento, à densidade do ar e à área coberta pela rotação das pás (ANEEL, 2008).

Atualmente a capacidade de energia eólica instalada mundialmente, em 91 países, é de mais de 591 GW (Gigawatt), fator pelo o qual a energia eólica está se tornando uma das fontes de energia mais barata disponível (GWEC, 2019). Até o final do ano de 2018 foram instaladas mais de 51 GW de energia eólica, ou seja, um crescimento de 9,1%, os quais podem cobrir cerca de 6% da demanda de eletricidade (WWEA, 2019).

O ano de 2018 foi caracterizado por um crescimento da energia eólica em países como China, Índia, Brasil, alguns mercados asiáticos e alguns países africanos. Enquanto na Europa alguns países como Alemanha, França, Espanha e Itália, mostraram um desenvolvimento fraco (WWEA, 2019). Contudo, o mercado de energia eólica no mundo é bastante promissor, apontando

um crescimento de mais de 300 GW de capacidade nos próximos cinco anos, segundo a GWEC Market Intelligence.

2.1. ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Em meados de 1992 foi instalada a primeira turina eólica no país, no arquipélago de Fernando de Noronha, possuía torre de 23 metros de altura e rotor com 17 metros de diâmetro, possuindo um gerador com potência de 75 kW (Quilowatt), posteriormente sendo instaladas centrais eólicas em Gouveia-MG e no Ceará. Centrais como essas que no ano de 2003 compunham uma potência de 22 MW (Megawatt) instalada no Brasil (ANEEL, 2008).

O desenvolvimento da energia eólica no país começou a ganhar forças em 2002 a partir do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas), o qual incentiva o desenvolvimento de geração de energia alternativa. Outro fator importante para o crescimento da energia eólica no país se deu, no ano de 2007, com a sua inserção nos leilões de energia no mercado regulado, onde é a principal forma de contratação de energia no Brasil (Rodrigues; Perobelli; Vasconcelos, 2017).

O Brasil é favorecido em termos de vento, onde é duas vezes maior que a média mundial, e pela volatilidade de 5%, que corresponde à oscilação da velocidade, o que favorece o volume a ser produzido. As regiões com maiores potenciais eólicas são Nordeste, principalmente no litoral, Sudeste e Sul (ANEEL, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEÓLICA, os ventos passaram a ser o segundo recurso mais utilizado no Brasil para produção de energia elétrica, sendo mais de 7 mil aerogeradores, em 601 parques eólicos, em 12 estados, alcançando 15 GW de capacidade instalada (Figura 1). Houve um crescimento de 15,5% da geração de energia eólica no país no primeiro semestre de 2019, comparando com o mesmo período do ano de 2018, com acréscimo de 14,2% (ABEEÓLICA, 2019).

Figura 1: Evolução da Capacidade Instalada.



Fonte: <http://abeeolica.org.br/noticias/eolica-ja-e-a-segunda-fonte-da-matriz-eletrica-brasileira-com-15-gw-de-capacidade-instalada/>

Com todo esse desenvolvimento na produção de energia eólica, o Brasil é o oitavo maior país do mundo em geração eólica e o quarto maior em expansão dessa fonte (ANEEL, 2017). A energia eólica no Brasil é a segunda maior fonte de energia renovável em produção de energia elétrica. E quanto à geração de energia eólica por estado, o estado da Bahia se destaca com 1.611 MW produzidos (Tabela 1), representando um aumento de 59% em 2019 (ABEEÓLICA, 2019).

Tabela 1: Ranking - 10 maiores geradores de energia eólica, 2019.

Posição	Estado	2019 (MWmédios)	2018 (MWmédios)	Dif.
1º	Bahia	1.611	1.013	59%
2º	Rio Grande do Norte	1.124	1.110	1,3%
3º	Piauí	544	517	5,2%
4º	Rio Grande do Sul	524	546	-4,1%
5º	Ceará	503	505	-0,4%
6º	Pernambuco	236	248	-4,8%
7º	Maranhão	97	75	29,8%
8º	Paraíba	49	51	-4,1%
9º	Santa Catarina	30	18	67,9%
10º	Sergipe	6	8	-25,8%

Fonte: <http://abeeolica.org.br/noticias/ccee-geracao-eolica-cresce-155-no-primeiro-semester/>

2.2. FATORES POSITIVOS PARA MAIOR INVESTIMENTO EM ENERGIA EÓLICA

O Brasil tem como grande força no potencial elétrico as fontes de energia hidrelétrica, porém esse setor sofre desvantagem em relação às variações climáticas, pois as baixas chuvas resultaram na redução das reservas de volume nas barragens hidrelétricas. Com isso a energia eólica tem como papel de complementar o sistema de geração de energia (Herrera; Dyner; Cosenz, 2017).

O território brasileiro possui um grande potencial eólico, com área de aproximadamente 0,8% de todo o território com ocorrência de ventos com velocidades médias iguais ou superiores de 7 m.s^{-1} ao nível de 50 m acima do solo, com capacidade de potencial de 143,4 GW (Pinto; Martins; Pereira, 2017). Boa parte desse potencial tem destaque nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, onde há uma melhor predominância de ventos favoráveis, destacando-se os estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Piauí, dados observados na tabela 1 (ABEEÓLICA, 2019).

A geração de energia eólica constitui uma alternativa viável para as demandas de distribuição de energia, pois em relação às centrais de pequeno porte, é favorável para suprir o abastecimento de pequenas localidades. Em relação às centrais de grande porte, é favorável para a minimização dos impactos socioambientais, reduzindo a emissão de gases poluentes e redução da dependência de combustíveis fósseis (ANEEL, 2005; Nascimento; Mendonça; Cunha, 2012).

Os custos para a geração de energia eólica é um fator que deve ser analisado diante várias circunstâncias. Fazendo um comparativo entre os tipos de geradores elétricos, os custos de

operação e manutenção (O e M), os custos fixos e os custos de capacidade, se tornam maiores na geração de energia eólica em relação às demais, verificável na tabela 2 (Souza. *et al.*, 2014).

Porém, a geração de energia eólica à longo prazo, torna-se mais viável em relação às demais fontes geradoras. Visto que, os custos de administração e operação, os custos variáveis e os custos de eficiência são menores ou irrelevantes, consequentemente tornando-se mais barata em relação às outras fontes de produção de energia (Souza. *et al.*, 2014). Além de futuramente haver o aumento no preço dos combustíveis como gás natural e do carvão, o que resultará o aumento de benefícios sociais da energia eólica (Kennedy, 2005).

Tabela 2: Típicos custos fixos e variáveis de tecnologias avançadas de geração de energia.

TIPO DE GERADOR	Custo da Capacidade durante a noite (\$/kW)	Custo Fixo O&M (\$/kW/ano)	Custo Fixo (\$/MWh) ¹	Custo Variável de O&M (\$/MWh)	Eficiência (maior valor de aquecimento)	Custo Variável (\$/MWh) ²
Carvão Pulverizado ³	1090	16	15,9	2	0,355	12,1
Combustíveis Fósseis ⁴	1090	21	16,5	2,1	0,438	10,3
Gás Natural ⁴	445	16	7,6	1,5	0,541	20,8
Sistema Nuclear	1000-2090	33	16,7-30,8	Não se Aplica	Não se Aplica	3,8
Turbina Eólica ⁵	1425-1600	15	23,3-25,9	0	Não se Aplica	0

Fonte: Souza; Lima; Martins; Queiroz, 2014.

3. METODOLOGIA

No presente estudo foi utilizado o método de pesquisa exploratória com a finalidade de analisar a produção de energia eólica no Brasil como uma fonte de energia renovável benéfica ao nível socioambiental, partindo de uma revisão bibliográfica composta por autores de grande relevância na área.

Segundo Gil (2008), um estudo bibliográfico trata-se daquele que tem por base, materiais já publicados como livros e artigos científicos, tendo como principal vantagem dar ao pesquisador maior facilidade em juntar dados quando os mesmo precisariam de uma coleta muito dispersa pelo espaço, podendo assim ter uma gama de informações mais ampla do que se fizesse uma pesquisa primária. Além disso, o autor destaca que o estudo exploratório tem por objetivo "desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores".

Diante do exposto apresentado, é importante salientar que a pesquisa tem por base estudos em fontes secundárias como trabalhos acadêmicos, livros e afins, que aqui foram selecionados. Além disso, os resultados têm caráter essencialmente qualitativo, onde há exposto a análise de conceitos e ideias. Assim sendo, o referido estudo transcorre a partir do método conceitual analítico, ou seja, foram utilizados conceitos e ideias de outros autores, coincidentes com o objetivo da pesquisa, para a formulação de uma análise científica.

Para o presente estudo foi feita pesquisa de artigos publicados em livros e bases de dados eletrônicas. Foram utilizados os livros Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2ª Edição e Atlas de Energia Elétrica do Brasil 3ª Edição, e as bases de dados EBSCOhost, SciELO, ScienceDirect e Google Acadêmico. A coleta de dados nas bases eletrônicas foi feita utilizando os seguintes descritores, Energia e Sustentabilidade, Energia Renovável, Energia Eólica, e Energia Eólica no Brasil. Foram selecionados para a amostra trabalhos publicados em inglês e português, nos últimos 14 anos (2005 a 2019), incluindo pesquisas de campo, monografias, dissertações e teses, que abrangesse os quatro descritores, anteriormente listados, e com texto completo na íntegra. Ao todo foram analisados dez artigos, além dos livros anteriormente descritos.

Diante da busca feita usando as palavras-chave anteriormente descritas, foram encontrados 21 artigos que foram sendo analisados e incluídos ou excluídos de acordo com os métodos também já descritos, onde inicialmente, em avaliação aos títulos, foram excluídos 11 artigos por não conterem relação com o tema do presente trabalho. Prosseguindo com a análise do tema em discursão, foram estudados dois livros que apresentam conceitos e ideias relevantes para a construção do referido trabalho.

4. RESULTADOS E DISCURSÕES

Ao longo dos anos a produção e consumo de energia elétrica vem provocando malefícios para a sustentabilidade e preservação dos recursos ambientais, tornando-se um desafio de extrema importância enfrentado pelas organizações e pela sociedade como toda. No entanto, novas formas de incentivo ao desenvolvimento sustentável vêm sendo discutidas para minimizar essa situação, como o estabelecimento de novos meios de produção de energia, as energias renováveis. Destaca-se a energia eólica como uma das mais propícia em termo de produção e sustentabilidade ambiental (Jugend; Figueiredo, 2017; Nascimento; Mendonça; Cunha, 2012).

Diante da análise realizada para a construção deste estudo e dos expostos apresentados anteriormente, foi possível identificar que a fonte de energia eólica é bastante propícia a ganhar mais espaço diante as formas de produção de energia. Para melhor entendimento dos resultados obtidos através da pesquisa bibliográfica, anteriormente descrita, segue uma tabela apresentando as principais teses colocadas pelos autores citado neste trabalho.

Tabela 3: Análise comparativa.

AUTOR	TÍTULO	IDEIA PROPOSTA
ANEEL, 2005 e 2008.	Atlas de Energia Elétrica no Brasil.	Energia eólica como alternativa viável para as demandas de distribuição de energia, apresentando as regiões Nordeste, Sudeste e Sul com principais potenciais eólicos.
Falleiro; Gastaldini; Andrade, 2014.	Projetos de Energia Renovável no Âmbito do MDL – Perfil dos Projetos	O Brasil possui grande potencial em projetos de Mecanismo de

	Localizados no RS.	Desenvolvimento Limpo, os quais proporcionam uma economia de baixo carbono e diminuição de emissão de Gases de Efeito Estufa.
Herrera; Dyner; Cosenz, 2017.	Usando Simulação para Analisar a Penetração de Energia Eólica: O Caso da Região Norte e Nordeste.	O aumento no uso da energia eólica na matriz elétrica brasileira deve aumentar o desenvolvimento de regiões mais pobres como o Norte e Nordeste.
Kennedy, 2005.	Planejamento de Energia Eólica: Avaliando Custos e Benefícios à Longo Prazo.	Os benefícios sociais oriundos da energia eólica dependem de quão grande será os benefícios ambientais.
Nascimento; Mendonça; Cunha, 2012.	Inovação e Sustentabilidade na Produção de Energia: o Caso do Sistema Setorial de Energia Eólica no Brasil.	Inovações na energia eólica brasileira contribuem para a redução dos impactos ambientais, além de gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais.
Pinto; Martins; Perreira, 2017.	O Mercado Brasileiro da Energia Eólica, Impactos Sociais e Ambientais.	A energia eólica além de ser economicamente viável deve apresentar redução nos impactos socioambientais.
Souza; Lima; Martins; Queiroz, 2014.	Gestão Energética e Inovação Sustentável: A Formação de Preço da Energia Eólica no Estado do Rio Grande do Norte.	O preço da energia eólica depende dos custos com equipamentos, os quais ainda são tecnologias caras, proporcionando problemáticas de produção e implantação. Porém os incentivos governamentais tendem, no futuro, possibilitar novos produtores nesta área, decorrente a lucro em menor prazo de retorno.

Fonte: Autoral

Os resultados observados com a análise do comparativo, anteriormente apresentado, mostram ideias bastante significativas. No aspecto ambiental a energia eólica proporciona a redução de poluentes atmosféricos como a emissão de gases de efeito estufa, face às fontes de energia não renovável. Além disso, para a instalação de usinas eólicas não é necessário áreas muito grandes, comparadas com usinas hidrelétricas e solares.

Em termos de potencial o Brasil possui grandes vantagens, pois boa parte do seu território é propício para a produção de energia eólica, com destaque para as regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Por conta destes fatores favoráveis muito se tem incentivado e investido em projetos eólicos, com a criação de programas como o PROINFA, e de leilões que permitem a entrada de novos investidores no setor de produção de energia eólica. Os investimentos são importantes para o auxílio da implantação de novos projetos e de pesquisa sobre potencial eólico nas áreas de melhor incidência dos ventos (Júnior *et al.*, 2014).

Apesar dos custos dos equipamentos tecnológicos geradores ainda serem altos, tornando-se um obstáculo na produção e implantação, há uma perspectiva de ganhos econômicos, pois os benefícios socioambientais e os incentivos governamentais tendem a gerar lucro em menor prazo de retorno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo apresentado, foi possível verificar que a energia eólica é uma das fontes de energia elétrica mais viáveis para preservação e desenvolvimento sustentável, frente à problemática situação mundial, principalmente no Brasil, de devastação ambiental. Com isso o seu crescimento vem sendo favorecido por ações de incentivo e investimento governamentais.

Os resultados indicam que o desenvolvimento da energia eólica teve ápice quando se houve a necessidade de buscar novas formas de preservação dos pilares da sustentabilidade (socioambiental e econômico). No Brasil os fatores positivos para a implantação e produção de energia eólica são bastante relevantes frente ao desenvolvimento social em regiões pobres como Norte e Nordeste.

Apesar do grande crescimento desta fonte de energia, como observados nos dados, os custos de implantação e produção ainda são altos. Porém estudos apontam retornos econômicos à longo prazo, fazendo com que o comércio eólico se torne cada vez mais promissor. Este trabalho é um passo para futuras pesquisas e desenvolvimento de ideias na análise da energia eólica, proporcionando a preservação da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABEÉOLICA. **CCEE: Geração eólica cresce 15,5% no primeiro semestre.** 2019. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/noticias/ccee-geracao-eolica-cresce-155-no-primeiro-semester/>. Acesso em: 2 set. de 2019.

ABEÉOLICA. **Eólica já é a segunda fonte da matriz elétrica brasileira com 15 GW de capacidade instalada.** 2019. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/noticias/eolica-ja-e-a-segunda-fonte-da-matriz-eletrica-brasileira-com-15-gw-de-capacidade-instalada/>. Acesso em: 2 set. de 2019.

ABEÉOLICA. **GE do Brasil discute “O Futuro da Energia” no país.** 2019. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/noticias/ge-do-brasil-discute-o-futuro-da-energia-no-pais/>. Acesso em: 2 set. de 2019.

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica no Brasil 2ª edição. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/download.htm>.

ANEEL. Atlas de Energia Elétrica no Brasil 3ª edição. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>.

ANEEL. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas. 2015.** Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acesso em: 31 ago. de 2019.

ANEEL. **Renováveis e Não Renováveis.** 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/15142444/Renov%C3%A1veis+e+N%C3%A3o+Reno>

[v%C3%A1veis/aba3cfc6-a27f-a7af-6cac-1d859a2f0d1d?version=1.1](#). Acesso em: 30 ago. de 2019.

FALLEIRO, A.; GASTALDINI, M.; ANDRADE, J. **Projetos de Energia Renovável no Âmbito do MDL – Perfil dos Projetos Localizados no RS**. 2014. Disponível em: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=671aae23-ec48-4b45-8829-bcde21591994%40sessionmgr4008>. Acesso em: 29 ago. de 2019.

GWEC. **Global Wind Day 2019 – Wind energy is more important than ever to power economic development and achieve global climate action goals**. 2019. Disponível em: <https://gwec.net/global-wind-day-2019-wind-energy-is-more-important-than-ever-to-power-economic-development-and-achieve-global-climate-action-goals/>. Acesso em: 31 ago. de 2019.

GWEC. **GWEC: Global Wind Report forecasts over 300 GW capacity to be added in next 5 years – growth to come from emerging markets and offshore wind**. 2019. Disponível em: <https://gwec.net/gwec-global-wind-report-forecasts-over-300-gw-capacity-to-be-added-in-next-5-years-growth-to-come-from-emerging-markets-and-offshore-wind/>. Acesso em: 31 ago. de 2019.

HERRERA, M.; DYNER, I.; COSENZ, F. **Using Simulation to Analyze Wind Power Penetration: The Case of North and Northeast Region**. 2017. Disponível em: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=b15741be-d026-4399-8b74-cc3e20bfe350%40sessionmgr4006>. Acesso em: 29 ago. de 2019.

JUGEND, D.; FIGUEIREDO, J. **Integrando sustentabilidade ambiental e gestão de portfólio de projetos: estudo de caso em uma empresa de energia**. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v24n3/0104-530X-gp-0104-530X3451-16.pdf>. Acesso em: 29 ago. de 2019.

JÚNIOR, L.; SILVA, E.; COSTA, A.; SALES, D.; JUNIOR, F.; GUIMARÃES, S. **Avaliação dos recursos eólicos simulado no estado do Ceará: um estudo de caso para o el niño 97/98 e para la niña 98/99**. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v29n1/a13v29n1.pdf>. Acesso em: 29 ago. De 2019.

KENNEDY, S. **Wind power planning: assessing long-term costs and benefits**. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421504000382>. Acesso em: 31 ago. de 2019.

NASCIMENTO, T.; MENDONÇA, A.; CUNHA, S. **Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil**. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cebape/v10n3/10.pdf>. Acesso em: 4 set. de 2019.

PINTO, L.; MARTINS, F.; PEREIRA, E. **O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais**. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiaqua/v12n6/1980-993X-ambiaqua-12-06-01082.pdf>. Acesso em: 30 ago. de 2019.

RODRIGUES, L.; PEROBELLI, F.; VASCONCELOS, S. **Geração de energia eólica no Brasil: um investimento viável?** 2017. Disponível em: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=e42978e6-a522-4812-983a-47907755d4a3%40sessionmgr103>. Acesso em: 29 ago. de 2019.

SILVA, S.; REIS, R.; AMÂNCIO, R. **Paradigmas ambientais nos relatos de sustentabilidade de organizações do setor de energia elétrica**. 2011. Disponível em: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=dfc3a37e-4553-4e30-96d5-47f2e59ab032%40pdc-v-sessmgr02>. Acesso em: 1 set. de 2019.

SOUZA, G.; LIMA, N.; MARTINS, E.; QUEIROZ, J. **Gestão energética e inovação sustentável: a formação de preço da energia eólica no estado do Rio Grande do Norte**. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S180920391630184X>. Acesso em: 30 ago. de 2019.

WWEA. **Wind power capacity worldwide reaches 597 GW, 50,1 GW added in 2018.** 2019.

Disponível em: <https://wwindea.org/blog/2019/02/25/wind-power-capacity-worldwide-reaches-600-gw-539-gw-added-in-2018/>. Acesso em: 1 set. de 2019.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DE CASO PARA O TRATAMENTO DO EFLUENTE DE ABATEDOURO DE FRANGO

CASE STUDY FOR THE TREATMENT OF CHICKEN SLAUGHTERHOUSE EFFLUENT

Juliana Marçal de Oliveira¹Lays Carvalho de Almeida²Marcela de Araújo Hardman Cortes³Nayára Bezerra Carvalho⁴**Resumo**

Para que a carne de frango chegue até a mesa da população, é necessário passar por processos que geram grande quantidade de efluente rico em matéria orgânica, sólidos e gorduras prejudiciais ao meio ambiente. A vista disso, o presente estudo teve como objetivo analisar os parâmetros qualitativos do efluente de um abatedouro de frango, verificando os impactos ambientais causados com essa atividade, de modo a direcionar um sistema de tratamento para diminuir o impacto gerado pelo mesmo. Como resultados da análise obteve-se valores de 7,33 para pH; 0,1 mL/L de sólidos sedimentáveis; 110 uT de turbidez; 58,12 uH de cor aparente; 321,77 mg O₂/L de DBO; 670,35 mg O₂/L de DQO; 16,7 mg K/L potássio; 1,88 de Fósforo total; >1,6·10⁶ de coliformes totais. Sendo assim, foi realizado o dimensionamento de um reator UASB tendo 0,8560 m de largura por 0,8560 m de comprimento e 4 m de profundidade para o seu devido tratamento.

Palavras-chave: Impacto Ambiental. Sistema de Tratamento. UASB.

Abstract

For chicken meat to reach the population's table, it is necessary to go through processes that generate a large amount of effluent rich in organic matter, solids and fats harmful to the environment. In view of this, the present study aimed to analyze the qualitative parameters of the effluent of a chicken slaughterhouse, verifying the impacts caused by this activity, in order to direct a treatment system to reduce the impact generated by it. As results of the analysis, pH values of 7.33 were obtained; 0.1 mL/L of sedimentable solids; 110 uT of turbidity; 58.12 uH apparent color; 321.77 mg O₂/L BOD; 670.35 mg O₂/L COD; 16.7 mg K/L potassium; 1.88 total phosphorus; >1.6·10⁶ of total coliforms. Therefore, a UASB reactor was dimensioned having 0.8560 m wide by 0.8560m long and 4 m deep for its due treatment.

Keywords: Environmental impact. Treatment System. UASB.

INTRODUÇÃO

Devido à crise financeira que vêm afetando o país, os brasileiros tendem a procurar alternativas para suprir a necessidade do consumo de fontes de proteínas mais acessíveis, sendo a carne de frango essa fonte. A carne de frango continua sendo o principal impulsionador do crescimento da produção total de carne. Baixo custo de produção, o ciclo de produção curto facilita que os produtores reajam aos sinais do mercado, simultaneamente, realizem melhorias na genética, saúde animal e práticas alimentares. Os baixos preços dos produtos contribuem para fazer das aves a carne preferida de ambos produtores e consumidores (OECD/FAO, 2020).

¹ Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Tiradentes e mestranda do PRODEMA/UFS.
E-mail: ju_m.o@hotmail.com

² Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail:lays-carvalho@hotmail.com

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: marcela.hardman@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: nayarabc.eng.prof@gmail.com

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de carne de frango, seguido apenas pela China, União Europeia-28 e Estados Unidos. Só no ano de 2019 foram exportadas cerca de 750 mil toneladas (ABPA, 2020). Em 2016 o Brasil bateu recorde em relação à série histórica iniciada em 1997, foram abatidos cerca de 64,09 milhões de cabeças de frango a mais em relação ao ano anterior, totalizando 5,58 bilhões de abate de frango (IBGE, 2016).

A indústria de processamento de frangos produz um efluente com alto potencial poluidor, visto que o caminho percorrido desde o abate do frango até a mesa do consumidor final é longo. Durante esse processo são gerados efluentes compostos por matéria orgânica que é decorrente da grande quantidade de sangue, elevado teor de gorduras, fragmentos de tecidos, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal que despejados de maneira incorreta em corpos hídricos tem como consequência a diminuição da quantidade de oxigênio no meio aquático resultando a mortalidade dos seres daquele habitat. Contendo assim, sólidos, gordura e nutrientes, tornando se obrigatório estudo de alternativas para o tratamento das águas residuais gerada por ela (RODRIGUES *et al.*, 2016a).

Se faz necessário o gerenciamento da poluição dos resíduos avícolas, porém há dificuldades da concordância da indústria a está atividade, da qual precisa ser mudada. Para isso, se faz necessário obter provas que o efluente avícola é um poluidor ambiental, requer tratamento por meio de estudos, e o empreendimento deve estar de acordo com as diretrizes do licenciamento ambiental (HAERVEY *et al.*, 2017).

Segundo FAGNANI *et al.* (2019), o abate de aves nos frigoríficos gera efluentes que na maioria das vezes é composto por alta quantidade de fósforo, nitrogênio, carbono orgânico total, demanda química de oxigênio, sólidos suspensos totais e demanda bioquímica de oxigênio. O consumo médio de água nos abatedouros de aves é de aproximadamente 30 litros de água por animal abatido, incluindo todas as etapas do processamento. Assim, o efluente avícola contendo altas concentrações de poluentes é direcionado repetidamente no meio ambiente.

A redução dos poluentes das indústrias provenientes do abate de frango pode ser feita por meio de projetos de tratamento que integra o gerenciamento eficiente das águas, medidas de controle de geração de resíduos na própria planta, controles de processo e vários níveis de tratamento biológico (FERNANDES JÚNIOR; MENDES, 2006).

Grande parte dos abatedores de aves não possui sistema adequado para o tratamento do efluente. Lamentavelmente, não existe fiscalização rigorosa para essa atividade que impacta o meio ambiente com o seu lançamento às redes sem nenhum tipo de tratamento. É necessário que haja uma destinação apropriada nos processos, assim como em todos os subprodutos e resíduos do abate, atendendo as leis e normas vigentes, sanitárias e ambientais. Considerando essa situação foi realizado um estudo de caso do efluente proveniente do abate de frango, cedido de um frigorífico na cidade de Itabaianinha/SE para que fosse possível projetar um sistema de tratamento do mesmo.

O presente estudo tem como objetivo avaliar os parâmetros qualitativos e quantitativo de efluente de um abatedouro de frango e projetar um sistema de tratamento. Partindo de uma visão

de fatos e fenômenos da qual se tem o desejo de conhecer. Assim, o presente estudo recorreu a uma pesquisa exploratória, e o efluente avícola sendo o objeto de estudo.

2. METODOLOGIA

O estudo em questão apresenta uma proposta de dimensionamento do sistema para o tratamento de efluente para evitar que corpos hídricos sejam poluídos, prejudicando assim o meio ao seu redor. Foi realizado em forma de um estudo de caso, a partir da visita de campo no abatedouro, com entrevista ao funcionário e coleta do efluente para posterior análise laboratorial e proposta de dimensionamento de um reator para o tratamento do efluente por ele gerado.

O caso em estudo deu se a partir de um abatedouro avícola localizado no centro da cidade de Itabaianinha no estado de Sergipe, em um bairro de porte pequeno com atividade comercial, de predominância residencial, com a população de aproximadamente 38.910 habitantes (IBGE, 2010),

Foi realizada reunião com o empreendedor para que fosse explicado todas as etapas do abate da ave, como também autorização para visita no estabelecimento ao todo para o registro das imagens presentes neste estudo.

2.1 Visita do Empreendimento

As imagens compreendidas na Figura 1 ilustram a real situação do abatedouro na sua geração de efluente. Desde a primeira etapa do abate é gerado efluente, e não se tem um tratamento adequado para seu lançamento na rede de esgoto. O processo é constituído por sangria (o sangue é cozido e aproveitado para venda), empenduramento (1-b), depois é levado para caldeira (1-d) para amolecer a pele e segue para a máquina de pelar (1-c), após essa etapa é encaminhada a mesa de corte (1-e) e direcionada a venda.

Figura 1: (a) Recepção das aves, (b) empenduramento, (c) caldeiras, (d) depenador, (e) mesa de corte, (f) gradeamento e (g) coleta do efluente.



Fonte: Autoras, 2021.

O abatedouro em estudo vende em média cerca de 150 frangos por semana, em média é utilizado cerca de 10 L de água por cabeça, segundo o proprietário, logo é gerado cerca de 1.500 L de efluente por semana que é lançado na rede de esgoto sem nenhum tipo de tratamento do efluente, passando apenas por um gradeamento (Figura 1-f), vale ressaltar que a água utilizada é de poço artesiano.

O local apresenta uma área de 144 m², contém dois corredores de 8,40 m x 1m que podem ser utilizados para a implementação de um reator anaeróbio ou usar o espaço (2,20 m x 2,20 m) ocupado por uma caixa d'água para a construção do mesmo.

2.2 Análise Laboratorial

Para a análise laboratorial foi necessário a retirada do efluente proveniente da caixa coletora de esgoto do abatedouro (Figura 1-g), a amostra foi retirada por um balde devidamente higienizado e posteriormente transferido para os recipientes disponibilizados pelo Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe, localizado na Rua Campo do Brito, N°371, Treze de Julho, Aracaju – SE. Foram realizadas os ensaios de potencial de Hidrogênio (pH), sólidos sedimentáveis (SS), turbidez, cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fosforo total e coliformes totais utilizando o método de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW), preparado e publicado em conjunto com American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF) (2012) e o potássio pelo método de Espectrofotometria de Absorção Atômica.

O ITPS disponibilizou recipientes de poliestileno e de vidro com instruções de como deveria ser realizado a coleta. A coleta microbiológica e físico-química foram realizadas às 12h00 na cidade e Itabaianinha/SE e entregue ao laboratório de análise no dia seguinte às 7h00 na Cidade de Aracaju/SE.

Para a coleta, esperou-se o expediente do frigorífico encerrar para coletar a amostra. Com um balde higienizado de 5 L foi mergulhado dentro da caixa coletora de esgoto do frigorífico. Foi evitado o recolhimento de material sólido. As mãos e os antebraços foram lavados com água e sabão, antes da coleta. A coleta do efluente para o exame microbiológica foi a primeira a ser coletada de dentro do balde, armazenada em recipiente de vidro esterilizado, deixando um espaço de ar no frasco (torno de 2,5 cm) para facilitar a mistura ou agitação antes da análise microbiológica.

Foi transferido o efluente para um recipiente de polietileno de 1 L para a análise físico-química através de um funil. Encheu o recipiente até transbordar, sem deixar vestígios de bolhas na superfície.

Os recipientes foram identificados com etiqueta contendo nome, data e hora da coleta. Logo após lacrados e mantidos em refrigeração em uma caixa de isopor com gelo até a entrega no dia seguinte no ITPS.

2.3 Dimensionamento

Com a crise econômica mundial, é buscado no meio do tratamento do saneamento dispositivo econômico e eficiente, entre eles destaca-se o Reator UASB que trabalha com bactérias anaeróbias, não sendo necessário nenhum sistema de ventilação para a oxigenação, além de ser uma técnica bastante discutida na literatura. Vale ressaltar que no começo do processo é necessário empregar bactérias anaeróbias.

Para o respectivo estudo será exposto o dimensionamento para a proposta do tratamento de efluente avícola por meio do reator UASB, com base na metodologia de cálculo apresentada por Szymanski *et al.* 2010 (Tabela 1). Uma questão que se deve destacar é que os reatores UASB não satisfazem em alguns casos a todos os requisitos ambientais solicitados, sendo assim é necessário um pós-tratamento.

Tabela 1: Metodologia de cálculo para dimensionamento do reator UASB.

Parâmetro	Valor	Equação
Carga orgânica inicial (S_0)	0,67035	$\text{Kg}_{\text{DQO}} \cdot \text{m}^{-3}$
Vazão diária do efluente	0,25	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
Carga orgânica volumétrica	0,82	$\text{Kg}_{\text{DQO}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$
Carga Biológica	-	$\text{Kg}_{\text{DQO}} / \text{Kg}_{\text{STV}}$
Demanda química de oxigênio	-	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Eficiência de remoção de DQO do processo	65%.	
Fator de conversão de biogás por DQO removido	-0,45	$\text{Nm}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$ de DQO

Fonte: Autoras, 2021.

A Tabela 2 demonstra as equações de volume, tempo de detenção hidráulica, velocidade ascendente de fluxo, área, largura, comprimento carga hidráulica, carga biológica para a proposta do dimensionamento do Reator UASB, com o complemento das equações para a produção de biogás.

Tabela 2: Proposta do dimensionamento para o Reator UASB e sua produção de biogás.

	Equação	Parâmetro	Observação
Volume do reator	$V = \frac{S_0 Q}{COV}$	$V = \text{m}^3$ $S_0 = \text{Kg}_{\text{DQO}} \cdot \text{m}^{-3}$ $Q = \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ $COV: \text{Kg}_{\text{DQO}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$	O valor máximo da Carga Orgânica volumétrica (COV) no reator é de $15 \text{Kg}_{\text{DQO}} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dia}^{-1}$. $S_0 =$ Carga orgânica inicial. $Q =$ Vazão diária do efluente.
Tempo de detenção hidráulica:	$TDH = \frac{V}{Q}$	Dias	
Velocidade ascendente de fluxo	$v = \frac{H}{TDH}$	$v = \text{m} \cdot \text{h}^{-1}$; $H = \text{m}$	$H =$ Altura do reator.
Área	$A_u = \frac{V_u}{H}$	$A_u = \text{m}^2$; $V_u = \text{m}^3$; $H = \text{m}$	
Largura e	$L_1 = \sqrt{A}$	$L_1 = \text{m}$	$L_1 =$ Largura do reator.

comprimento	$L_{2U} = \frac{A}{L_1}$	$L_{2U} = m$	$L_{2U} = \text{Comprimento.}$
Carga hidráulica volumétrica:	$CHV = \frac{Q}{V}$	$CHV = m^3.m^{-3}.dia^{-1}$	Adota-se como CHV máxima $5 m^3.m^{-3}.dia^{-1}$
Carga biológica	$CB = \frac{Q.S_0}{M}$ ($CB = Kg_{DQO}/Kg_{STV}$ $M = Kg_{STV}$	$M = Kg_{STV}$ presente no lodo do reator ($20 kg.m^{-3}$).
Determinação da carga orgânica:	$CO = Q.DQO$	$CO: kg_{DQO}.dia^{-1}$ $Q: m^3$ $DQO: kg.m^{-3}$	Q : vazão diária do efluente avícola.
Produção de biogás pela biodigestão anaeróbia do efluente avícola	$PB = CO.E.F$	$E = 65\%$ $F = 0,45 Nm^3.kg^{-1}$ de DQO removida	E : eficiência de remoção. F : fator de conversão de biogás por DQO removido.
Determinação da quantidade de energia do biogás:	$GEB = PB.PCIB$	$GEB = Kcal.dia^{-1}$; $PCIB = kcal.Nm^{-3}$	GEB : quantidade de energia contida no biogás. $PCIB$: poder calorífico inferior do biogás.

Fonte: Autoras, 2021.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A coleta foi realizada e levada para análise em laboratório onde foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 3. A partir da análise dos resultados físico-químicos proveniente do abatedouro de frango que passou apenas por um sistema simples de gradeamento (Figura 1-f), pode-se observar que possui uma alta concentração em quase todos os seus ensaios como os sólidos sedimentáveis (SS), Turbidez, cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), potássio e fósforo. Dos valores obtidos, apenas o pH e o SS estão dentro dos valores aceitáveis pelas CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011. Vale ressaltar que os valores encontrados na literatura, são maiores que os obtidos nesse estudo de caso, uma vez que suas características dependem de vários fatores, dentre eles o grau de diluição.

Tabela 3: Análise físico-química e microbiológica do efluente sem tratamento.

Ensaio	Resultado	Unidade	Padrão	LQ
pH	7,33	--	5-9	1-12
Sólidos Sedimentáveis	0,1	mL/L	1	0,1
Turbidez	110,0	uT	--	0,01
Cor Aparente	58,12	uH	--	0,2
DBO (Método Respirométrico)	321,77	mg O ₂ /L	Remoção >60%	0,5
DQO	670,35	mg O ₂ /L	--	4
Potássio	16,76	mg K/L	--	0,010
Fosforo Total	1,88	mg P/L	--	0,037
Coliformes Totais	$>1,6 \cdot 10^6$	NMP/100 mL		--

Fonte: Autoras, 2021.

Segundo Gonçalves *et al.* (2016), após realizarem análises durante 6 meses em lagoas para o tratamento proveniente de abatedouro de frango, apresentaram como resultados valores máximos de 7,3 para o pH, a DBO de 1801 mg/L, a DQO com 4230 mg/L, fósforo 24 mg/L e posteriormente ao tratamento a remoção de 90%. Percebe-se que presente estudo de caso apresentou o mesmo valor do pH em relação ao trabalho apresentado por Gonçalves *et al.* (2016) e que o pH para o lançamento está dentro do permitido pela CONAMA.

Mediante aos padrões do CONAMA para o lançamento do efluente em corpo hídrico, foi possível detectar segundo o CONAMA 430/2011 que os materiais sedimentáveis estão dentro do padrão para o despejo, já a turbidez ultrapassou com o valor de 110 uT, sendo o máximo permitido de 100 uT. Ao verificar o CONAMA 357/2005 o efluente em estudo apresentou um alto grau de DBO com 321,77 mg O₂/L onde é permitido apenas o seu despejo de até 5 mg/L, para o fósforo total é permitido 0,15 mg/L e a amostra apresentou valor superior com 1,88 mg/L.

No estudo realizado por Schoenhals *et al.* (2006), foram encontrados resultados do efluente de frango *in natura* proveniente de um abatedouro de município do Espírito Santo do Pinhão- SC com 53,3 mg P/L para o fósforo, turbidez de 920 uT, DQO 1020 mg O₂/L e DBO 771 mg O₂/L, valores estes, superior ao do presente estudo que apresentou valor de 110 uT.

Ao estudar o efluente de uma estação de tratamento para efluente avícola localizado em Sete Lagoas/MG, Lima (2014) acompanhou por 40 semanas o monitoramento da DQO e DBO, em um sistema de tratamento com capacidade em atender efluente de 3000 aves/dia, com o consumo de 30 L/ave, resultando em uma vazão de 90 m³/dia, obtivendo valores compreendido entre 1215 mg/L a 5226 mg/L de DQO enquanto que a análise deste trabalho apresentou valor inferior, com 670,35 mg/L para DQO, da mesma forma apresentou valor inferior para a DBO de 321,77 mg/L comparando ao encontrado por Lima (2014) entre 870 mg/L a 1890 mg/L. Provavelmente a DQO e DBO apresentaram valores inferiores aos da literatura pelo fato do empreendimento reaproveitar o sangue do frango que contém uma grande carga orgânica.

O CONAMA não apresenta valores para a DQO e cor aparente. A partir desses resultados pode se concluir que é necessário um sistema de tratamento do efluente antes do seu despejo na rede de esgoto.

Silva *et al.* (2012) ao investigar um abatedouro avícola localizado no Estado do Paraná, que abate cerca de 150.000 aves/ dia encontrou para coliformes totais um valor de > 2400 NMP/100 mL, tendo se um intervalo de confiança de mínimo >150 e máximo >4800, valor bem inferior quando se compara ao do abatedouro de pequeno porte do estudo presente que resultou em um valor de >1,6·10⁶, ressaltando que ambos se encontram fora do padrão CONAMA para o despejo do efluente.

Ressalva para o estudo de Rodrigues *et al.* (2016), com um abatedouro avícola para o tratamento de efluentes em escala real, com uma vazão aproximada de 90 m³/dia, composto por 1 (uma) peneira estática de aço inox, com orifícios de 1,0 mm de diâmetro, 1 (uma) caixa de gordura gravimétrica de 12m³, 1 (um) tanque de equalização e acidificação (TAE) de 24m³ em seguida o Reator UASB com 108m³ e como tratamento terciário o efluente passou por 1 (um) filtro um filtro

anaeróbio de 117,6 m³ após passar no sistema apresentou os seguintes resultados dos valores médios de eficiência de remoção das unidades que compõem a ETE no tratamento de águas residuárias do abate de frango:

- Caixa de gordura: 52,8 ± 17,1 % de DBO; 57,3 ± 20,9 % de DQO; 59,1 ± 16,5% de SST; 61,8 ± 15,2 % de SSV.
- Reator UASB: 63,6 ± 22,1 % de DBO; 55,8 ± 22,2 % de DQO; 50,4 ± 20,7 % de SST; 36,2 ± 20,3 % de SSV.
- Filtro anaeróbio: 69,2 ± 21,2 % de DBO; 60,8 ± 24,6 % de DQO; 72,9 ± 20,9 % de SST; 72,65 ± 17,5 % de SSV.
- Global: 94,8 ± 4,7 % de DBO; 89,8 ± 9,9 % de DQO; 91,6 ± 10,5 % de SST; 91,5 ± 10,8 % de SSV.

A partir dos dados das amostras coletada no abatedouro da cidade de Itabaianinha/SE, foi possível calcular o dimensionamento de um reator UASB. No entanto, durante a análise dos resultados dos ensaios físico-químico notou-se uma discrepância entre os valores obtidos e os de outros estudos da literatura, implicando em um baixo dimensionamento. Dessa forma, optou-se pela utilização dos dados apresentado por Del Nery *et al.* (2007), que em seu estudo, apresentou valores compreendendo entre 2360 a 4690 mg/L de DQO para o efluente avícola, como também a utilização de 1,2 Kg DQO/m³dia para a COV.

Diante da análise do efluente, o reator em estudo apresentou a dimensão de 0,85 m de largura x 0,85 m de comprimento, com 4 m profundidade, de acordo com a ABNT NBR 12.209 (2011) com o seu parágrafo 6.4 – Tratamento Anaeróbio com Reator do Tipo UASB que define a profundidade entre 4 m a 6 m, Na Tabela 4 estão os comparativos de dimensionamento e reaproveitamento do biogás entre os valores obtidos a partir das variáveis do estudo de caso com as apresentadas na análise de Del Nery *et al.* (2007). Com o aproveitamento de 2640,398 Kcal/dia de quantidade de energia contida no biogás.

Tabela 4: Dimensionamento para o reator UASB.

	Unidade	Caso de estudo	Del Nery (2007)
Volume de água	L	10	30
Volume do reator	V (m ³)	0,204375	1,475
Carga orgânica inicial	So (KgDQO/m ³)	0,67035	2,36
Vazão diária	Q (m ³ /dia)	0,25	0,75
Carga orgânica volumétrica	COV (KgDQO/m ³ dia)	0,82	1,2
Tempo de detenção hidráulica	TDH (h)	19,62	47,2
Velocidade ascendente de fluxo	v (m/h)	4,892966	2,033898
Altura do reator	H (m)	4	4
Área do reator	Au (m ²)	0,051094	0,36875
Volume do reator	Vu (m ³)	0,204375	1,475
Largura do reator	L1 (m)	0,226039	0,607248
Comprimento do reator	L2 (m)	0,226039	0,607248

Carga hidráulica volumétrica	CHV (m ³ /m ³ dia)	1,223242	0,508475
Carga biológica	CB (m ³ /dia)	0,008379	0,0885
Kg_{STV} presente no lodo do reator (20 kg.m⁻³)	M (kg/m ³)	20	20
Carga orgânica	CO (KgDQO/dia)	0,167588	1,77
Demanda química de oxigênio	DQO (kg/m ³)	0,67035	2,36
Produção de biogás pela biodigestão anaeróbia	PB	0,049019	0,517725
Eficiência de remoção de DQO do processo (65%)	E %	0,65	0,65
Fator de conversão de biogás por DQO	F (Nm ³ /dia)	0,45	0,45
Quantidade de energia contida no biogás	GEB (Kcal/dia)	249,9987	2640,398

Fonte: Autoras, 2021.

De acordo com o CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011 o efluente proveniente do abatedouro de frango do estudo de caso está fora do padrão para o seu lançamento em corpos hídricos quando se trata da DBO, fósforo e coliformes totais, além de que, a legislação não dispõe de valores padrões para o lançamento em relação a cor aparente, mas a análise apresentou valores elevados, sendo necessário tratamento antes do despejo em corpos hídricos. É possível a aplicação desse tratamento, com um custo acessível trazendo benefício ao meio ambiente.

O orçamento de obra da implementação do tratamento de efluente do abatedouro foi realizado de acordo com as características estruturais do empreendimento, como também a partir dos parâmetros físico-químico do efluente do mesmo. Foi Realizando uma estimativa do custo da obra, valores foram baseados pelo ITPS para as análises do efluente e o Departamento Estadual de Habitação e Obras Públicas no *software* ORSE- Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe (2017), obtendo o seguinte orçamento: análise Laboratorial (pH, SS, turbidez, cor aparente, DBO, DQO, Potássio, Fosforo Total, Coliformes Totais) - R\$: 172,73; duas plantas - R\$: 400,00 (cada); construção do UASB - R\$: 861,34; Escavação manual - R\$: 415,28; 15 m de Tubo PVC (100mm) - R\$: 370,50; Reaterro Manual R\$: 356,40, totalizando o valor de R\$: 2.576,25.

Como o empreendedor não dispõe de licença ambiental para a realização das suas atividades de abate avícola, sugere-se que o mesmo providencie o processo de requerimento para o Licenciamento Ambiental, junto ao órgão ambiental licenciador estadual, Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA. O empreendimento estudado encontra-se em plena produção, portanto deverá solicitar a Licença de Operação, apresentando dentre toda a documentação exigida, os projetos referentes aos sistemas de tratamento de efluentes sanitários, atmosféricas e industriais, planta de situação georreferenciada, planta baixa do empreendimento, acompanhado da devida Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, do técnico responsável pela elaboração.

Além disso deve cumprir com a exigência do órgão ambiental referente a presença de no mínimo 1 (um) médico veterinário no momento da atividade do abate. Já os procedimentos de manejo pré-abate são executados dispondo de autonomia para tomada de quaisquer ações necessárias para assegurar a conformidade com as presentes normas, pois estes irão responder pelas questões de bem-estar animal perante autoridades oficiais.

Diante das circunstancias apresentadas neste trabalho a respeito do despejo incorreto do efluente proveniente do abate de frango em corpos receptores, nota-se a necessidade do tratamento do mesmo, garantindo a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a vida humana. É de grande importância o estudo do mesmo para o bem estar de todos, trazendo informações acerca de estruturação necessária para a sobrevivência da coletividade. Logo, é necessária uma legislação rígida e que tenha eficiência para que não ocorra poluição dos cursos d'água. Deve ser ressaltado que esse problema não é apenas local, e sim nacional e o consumidor ao se envolver com o problema agravante deve cobrar do empreendimento para que ele diminua o seu potencial poluidor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efluente proveniente do abate do frango traz consigo elevada carga de poluente, proveniente principalmente da matéria orgânica, como consequência causa a falta de oxigênio no meio aquático, impossibilitando a vida de espécies aquáticas como também da flora neste meio, ou até mesmo podendo ocasionar que o corpo de água fique impróprio para atividades humana.

A utilização de um sistema de tratamento para as águas resultante do abate de frango é indispensável para reduzir os impactos ao meio ambiente. A partir disso, foi desenvolvido sistemas para o seu tratamento que permitem que essa água seja lançada em um corpo hídrico sem agredi-lo, de acordo com as resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Desse modo, este estudo apresentou os impactos ambientais provenientes do efluente do abatedouro de frango como o aumento da DQO, DBO, diminuição do OD, a eutrofização, o desenvolvimento dos animais, distúrbios respiratórios, auxílio da formação de chuva ácida, e propões o dimensionamento de um reator UASB.

Destarte que a implementação do tratamento nos abatedouros de frango é de suma importância para que não venha ocorrer a degradação de cursos de d'água. Após a realização desse estudo de caso, verificou-se a necessidade de que haja fiscalização rigorosa a respeito do despejo desse efluente, com autos de infrações emitidos por órgãos fiscalizadores para o empreendimento que não cumprir com a legislação em vigor.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION. (WEF). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 22. ed., Washington, D.C, USA, 2012. ISSN: 55-1979.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual**, 2020. Disponível em: https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf. Acesso em: 03 fev. 2021

BRASIL. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, DF, 2011

DEL NERY, V.; NARDI, I. R.; DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; POZZI, E.; AMORIM, A. K. B.; ZAIAT, M. **Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant**. In: Resources, Conservation and Recycling, v. 50, n. 1, p. 102-114, 2007.

FAGNANI, K. C.; ALVES, H. J.; CASTRO, L. E. N.; KUNH, S. S.; COLPINI, L. M. S. **An alternative for the energetic exploitation of sludge generated in the physico-chemical effluent treatment from poultry slaughter and processing in Brazilian industries**. In: Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 7, n. 2, 2019.

FERNANDES JÚNIOR, J.; MENDES, O. **Gerenciamento de efluentes de abatedouros avícolas estudo de caso (Super Frango)**. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental, 2006. Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/GERENCIAMENTO%20DE%20EFLUENTES%20DE%20ABATEDOUROS%20AV%20C3%8DCOLAS78%20-%20ESTUDO%20DE%20CASO%20SUPER%20FRANGO.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021

Food and Agriculture Organization of the United Nations (OECD-FAO). OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. In: **Meat**. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/oecd-fao-agricultural-outlook/2020-2029/en/>. Acesso em: 03 fev. 2021.

GONÇALVES, J. E.; PAIXÃO, R. M.; SILVA, L. H. B. R. **Estudos físico-químicos e microbiológicos da eficiência do tratamento de efluente proveniente de abatedouro avícola**. In: Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR). v.9, n.2, p. 473-489, 2016.

HARVEY, P. J.; TAYLOR, M.P.; HANDLEY, H.K.; FOSTER, S.; GILLINGS, M.R.; ASHER, A.J. **Chemical, biological, and DNA markers for tracing slaughterhouse effluent**. In: Environmental Research, V. 156, p. 534-541, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Agência IBGE notícias**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/9430-em-2016-producao-de-ovos-e-abate-de-frangos-e-suios-sao-recordes.html> Acesso: 03 fev. 2021.

LIMA, C. A. **Reator UASB seguido de filtro anaeróbio para o tratamento de águas residuárias de abatedouro avícola pré-acidificadas**. 2014. 112 f. In: Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.

ORSE –Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe. Departamento Estadual de Habitação e Obras Públicas do estado de Sergipe – DEHOP, 2017.

RODRIGUES, L. S.; LOPES, B. C.; LIMA C. A.; RIBEIRO, M.C.; SANTOS, R.P.; SILVA, I. J. **Tratamento de efluentes de abatedouro de frangos por meio de reator UASB seguido de**

filtro anaeróbio. In: Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., Belo Horizonte, MG, v.68, n.1, p.97-103, 2016 a. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352016000100097. Acesso: 04 fev. 2021.

SCHOENHALS, M.; SENA, R.S.; JOSÉ, H, J. **Avaliação da eficiência do Processo de coagulação/flotação aplicado como tratamento primário de efluentes de abatedouro de frangos.** In: Engenharia Ambiental, Espírito do Pinhal, v. 3, n. 2, p. 005-024, 2006.

SILVA, E. L.; CORTEZ, D. A. G.; GONÇALVES, J. E. **Estudo Físico-Químico e Microbiológico do Potencial Impactante do Efluente de Abatedouros Avícola e Bovino.** Anais Eletrônico. VI Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica. Maringá – PR, 2012.

SZYMANSKI, M. S. E.; BALBINOT, R.; SCHIRMER, W. N. **Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso.** In: Revista Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 4, p. 901-912, out./dez. 2010. Disponível em: [HTTP://WWW.UEL.BR/REVISTAS/UEL/INDEX.PHP/SEMAGRARIAS/ARTICLE/VIEW/7596/6685](http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/7596/6685). Acesso em: 02 fev. 2021

CAPÍTULO 5

**INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA:
uma experiência no condomínio Praia do Rodeadouro em Juazeiro, BA**

Deise Cristiane do Nascimento¹
Dinani Gomes Amorim²
Enio Silva da Costa³
Regivaldo José da Silva⁴
Ricardo José Rocha Amorim⁵

Resumo

O modelo atual de desenvolvimento sustentável é um paradoxo por ser antieconômico à medida que esgota os recursos naturais, além do mais, coloca em risco as gerações futuras e o bem-estar social da população. Como alternativas para minimizar o impacto ambiental oriundo do crescimento da população, produção e consumo, buscou-se fontes de recursos renováveis na geração de energia, conhecidas como energias mais limpas. Sendo assim, a geração de eletricidade por meio da energia fotovoltaica é uma das alternativas, pois é capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar, tornando-se sustentável por ser renovável, reduzindo o impacto sobre o meio ambiente no que converge a poluição. Para tanto, buscou-se discutir a inserção e geração distribuída de energia solar fotovoltaica no condomínio Praia do Rodeadouro em Juazeiro, BA. Nos resultados, conclui-se que embora o modelo proposto seja adequado a realidade da população do condomínio, os objetivos não foram alcançados no que converge a renda e a sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica, Energia elétrica, Desenvolvimento sustentável.

Abstract

The current model of sustainable development is a paradox because it is uneconomic as it depletes natural resources, moreover, it puts future generations and the social well-being of the population at risk. How alternatives to minimize the environmental impact arising from population growth, production and consumption, we sought sources of renewable resources in energy generation, known as cleaner energy. Thus, the generation of electricity through photovoltaic energy is one of the alternatives, as it is capable of generating electrical energy through solar radiation, making it sustainable because it is renewable, reducing the impact on the environment in which pollution converges. Therefore, we sought to discuss the insertion and distributed generation of photovoltaic solar energy in the Praia do Rodeadouro condominium in Juazeiro, BA. In the results, it is concluded that although the proposed model is adequate to the reality of the population of the condominium, the objectives were not achieved in what converges income and environmental sustainability.

keywords: photovoltaics, electricity, sustainable development.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH) pela Universidade do Estado da Bahia. E-mail: deiseecn@hotmail.com

² Pós-doutorado em Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Profa. do Programa de Pós-graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) E-mail: damorim@uneb.br

³ Doutorando Programa de Pós-graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH) pela Universidade do Estado da Bahia. E-mail: eniojua@hotmail.com

⁴ Mestre em Ciência da Informação pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). E-mail: regissilva978@gmail.com

⁵ Pós-doutorado em Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Prof. do Programa de Pós-graduação em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental (PPGEcoH) da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). E-mail: ramorim@uneb.br

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das populações urbanas provocou uma relação conflituosa e problemática entre sociedade e natureza. São várias as catástrofes provocadas pelo homem ao meio ambiente que fazem com que as pessoas comecem a (re) ver a ideia criada de que as fontes de recursos sejam infinitas ou inexoradas.

Jamais se pensou tanto em Meio Ambiente como nos dias contemporâneos. A inquietação com a natureza é de fato uma convergência mundial irreversível. Nas concepções de Braga (2005), não se pode desvincular os padrões e metas ambientais dos padrões e metas ambicionadas para a sociedade humana. Quanto maiores forem às aspirações de preservação ambiental, menores as probabilidades de desenvolvimento socioeconômico e vice-versa. A natureza e suas leis nos informam que tudo está conectado, interdependente e, que se algum lado ganhou, é porque o outro perdeu.

Nessa perspectiva, o modelo capitalista de consumo de produtos e coisas supérfluas já não garante mais a sustentabilidade dos recursos naturais e além do que coloca em risco a continuidade das gerações futuras e o bem-estar das atuais. Empresas, Estado-nação e sociedades estão experimentando a degradação dos sistemas e estão emergindo em uma adoção de alternativas para driblar os impactos ocorridos ao meio ambiente. Sendo assim, a tecnologia, o conhecimento e os recursos são usados de formas mais inteligentes passando a levar em consideração a preservação da natureza.

Em vista disso, dentre as fontes de recursos energéticos considerados primários são classificadas em renováveis e não renováveis. Os recursos renováveis possuem a capacidade de regenerar-se, são alternativas para aliviar a pressão sobre o uso dos recursos não renováveis. Dentre essas fontes, se tem a energia solar, conhecida como energia limpa por reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera. Um sistema de energia que tem como fonte o sol, o sistema fotovoltaico é capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar, tornando-se sustentável por ser renovável para a matriz energética do Brasil (PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, 2016).

Essa energia é econômica em comparação com os sistemas energéticos convencionais. Durante o ano inteiro, o Brasil é um dos países que mais apresenta índices de radiações solares, esse fator contribui para que a energia fotovoltaica tenha expansão no país, e com isso, tanto o setor público como o privado têm apresentado investimentos nessa área. No entanto, fatores de ordem institucional acabam por não favorecer o crescimento dessa energia. Nesse sentido, este artigo tem por objetivo discutir a inserção e geração distribuída de energia solar fotovoltaica no condomínio Praia do Rodeadouro em Juazeiro, BA.

MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um estudo bibliográfico e descritivo, a primeira reuniu informações fundamentadas referente a autores que discutem o tema, na leitura de livros e artigos com o intuito de levantar o conhecimento acerca do assunto abordado. Sendo assim, a pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos (SEVERINO, 2000).

A pesquisa descritiva, conforme Andrade (2003, p. 124), “compreende os fatos observados, registrados, analisados e interpretados que dimensionam um estudo científico original. Descrever um fenômeno é antes de tudo observar a sua ação”. Segundo descreve Severino (2000, p. 24), “ela tem a função de identificar e obter informações sobre as características de um determinado problema ou questão”.

Dessa forma, de acordo com a abordagem da pesquisa descritiva adotou-se o no método qualitativo, configurando-se em um estudo de caso. Assim, o levantamento das informações foi realizado no local de estudo, através de registro de fotos e observação “da energia solar fotovoltaica implantada no condomínio Praia do Rodeadouro”.

MUDANÇAS CLIMATICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Mesmo com interferências ainda pequenas para solucionar o problema das mudanças climáticas, não é de hoje que o primeiro passo foi dado a fim de alcançar um resultado satisfatório em relação ao meio ambiente. A primeira conferência ambiental do mundo ocorreu em 1972 em que reuniu os maiores Chefes de Estado do mundo. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, também conhecida como Conferência de Estocolmo, promovida pela Organização das Nações Unidas (ONU), surgiu para tratar das questões relacionadas à degradação do meio ambiente, dando início aos assuntos relacionados as mudanças climáticas e propondo diversas conferências internacionais (BUNDE; RIZZI; CARVALHO, 2020).

No decorrer dos anos várias convenções surgiram, como a Convenção de Berna, Genebra, convenção do Clima ocorrida no Rio de Janeiro também conhecida como Rio 92. Outros acordos como protocolos assinados por diversos países marcaram épocas como o protocolo de Kyoto no Japão e de Montreal no Canadá, que segundo Godoy e Pamplona (2007, p. 5), foi “de grande importância para continuidade das discussões referentes a poluição do ar e um dos precursores da convenção do clima”.

Entre os períodos de realizações de eventos mencionados, a ONU discutiu a ideia de desenvolvimento sustentável, em Estocolmo, na Suécia em 1972, e que passou a ser mais bem conceituado e utilizado nas décadas de 80 e 90. Nessa concepção o risco ambiental do crescimento econômico deveria ser levado a sério, preocupação que se expressa no mote que deve ser entendido como desenvolvimento sustentável: aquele que “atende às necessidades do

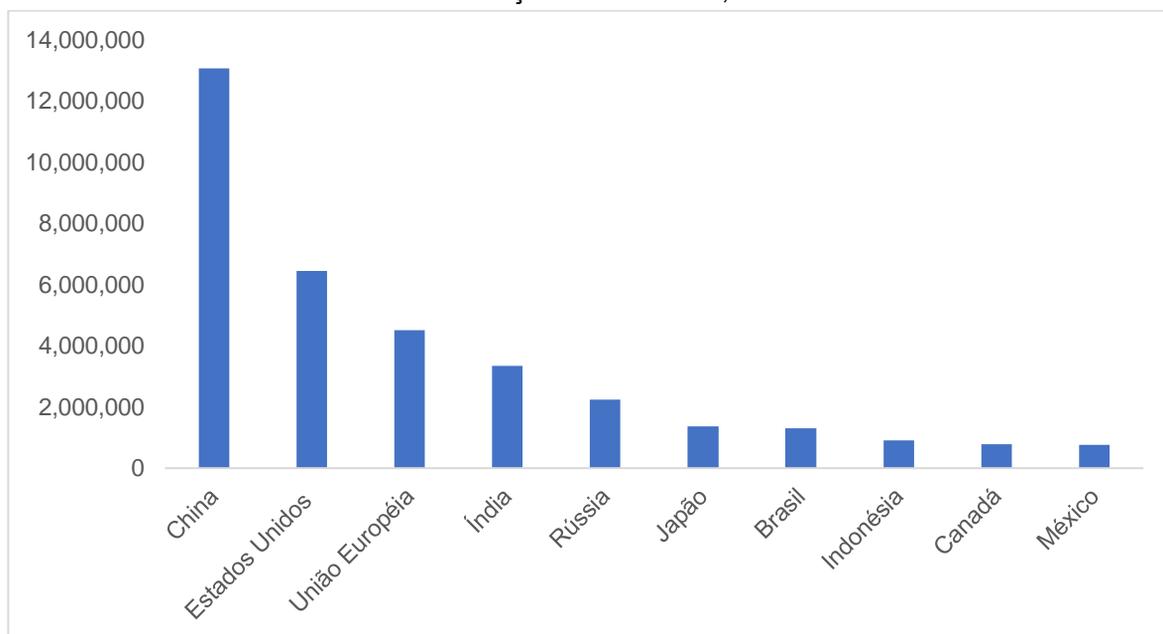
presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas necessidades” (ROMEIRO, 2012, p.70).

Essa definição permitiu levantar as seguintes indagações: as necessidades essenciais dos pobres, em especial nos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, e as limitações impostas pelas tecnologias e organizações sociais referentes a capacidade do meio ambiente em atender as necessidades básicas presentes e futuras (FEIL; SCHREIBER, 2017, p.9).

No contexto do desenvolvimento sustentável, o tratado internacional Protocolo de Kyoto (Japão), foi criado na 3ª conferência, e criou diretrizes para mitigar o impacto dos problemas ambientais oriundos dos modelos de crescimento industrial e consumo. Estabeleceu a redução por parte dos países industrializados dos gases de efeito estufa (GEE) em pelo menos 5,2%, estipulando três mecanismos de flexibilização: comércio de emissões, implementação conjunta e MDL (Mecanismo de desenvolvimento limpo) comparados aos níveis de 1990. A figura 1, traz informações acerca dos países que lideram o *ranking* das emissões de CO₂ em 2015, no mundo.

A China ficou em primeiro lugar na emissão de CO₂, 13.067.691 quilotoneladas, em 2015 o que equivale a mais que o dobro do segundo colocado, isso se deve ao modelo econômico proposto pelo país, com uso intensivo de combustíveis fósseis. O país é um dos maiores consumidores mundiais de carvão, perdendo apenas para os Estados Unidos da América.

FIGURA 1 – Emissão de gases de efeito estufa em toneladas de CO₂ equivalente, excluindo uso da terra e mudança no uso da terra, em 2015.



FONTE: Estudos da JRC sobre emissões fósseis de CO₂, 2019.

Desde 1870, os Estados Unidos lideraram a emissão de CO₂ perdendo sua posição somente em 2005 para a China. O país não ratificou o Protocolo de Kyoto (tratado de 1997 que determina a redução das emissões de gases em 5% pelos países industrializados até 2012). Tradicionalmente, se destacaram por ser a maior fonte mundial de liberação de CO₂ por queima de combustíveis fósseis. O desmatamento tropical pela queima da biomassa, para uso agrícola da terra, para pastos e para uso de madeiras, é também um grande responsável pelo aumento das emissões na atmosfera camada de ar que envolve a Terra (JENKINS, 2018).

Fontes de energia renováveis com preço acessível tornaram-se, fundamental para economia e indivíduos, a fim de reduzir as desigualdades sociais. Assim como os demais países, o Brasil através da economia verde, tem impactado no meio ambiente as hidrelétricas da Amazônia, no represamento dos rios e no livre fluxo das águas e dos peixes.

De acordo com a ONU, no ano de 2000 foram estabelecidos oito objetivos para o milênio que visavam combater a pobreza até o final de 2015. E, de acordo com António Guterres, Secretário Geral da ONU, em setembro de 2015, representantes dos 193 Estados-membros se reuniram em Nova York e reconheceram que a erradicação da pobreza, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável. Desde então, houve progresso em relação aos objetivos determinados, e foram determinados 17 objetivos, onde os países-membros da ONU adotaram a nova agenda de desenvolvimento sustentável, com a finalidade de estruturar um acordo global sobre a mudança climática (ONU, 2020).

Os objetivos a serem alcançados são relacionados à educação, pobreza, desigualdade, clima, fauna e energia, dentre outros, os quais são os Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS, destacando o objetivo 7, 11, 12 e 13 como relacionados a energia limpa, cidades sustentáveis, consumo e produção responsáveis e ações contra a mudança global do clima (ONU, 2020).

A fim de alcançar tais objetivos, o Brasil já havia investindo em alguns programas para melhorar suas condições, dentre elas o Programa Luz para Todos (LPT) criado em 2003, pelo governo federal, que foi um marco na distribuição de energia para comunidades mais carentes e energia limpa em diversas regiões do país (FREITAS; SILVEIRA, 2015).

Essa relação, entre pobreza e meio ambiente expõe a imprecisão e a contradição na tentativa de definição do tema, segundo Nobre e Amazonas (2002, p.25), o conceito de desenvolvimento sustentável “surgiu não só como uma noção fadada a produzir consenso, mas também como enigma a ser criticado pela sua vaguidão, imprecisão e caráter contraditório”. Por isso, há várias interpretações do conceito, setores diferentes tendem a interpretá-lo de acordo com seus próprios interesses, percepções e necessidades. Os autores ainda afirmam que, o termo e seu conceito é um meio para que as políticas públicas da problemática ambiental sejam institucionalizadas em nível global pelo governo, e suas entidades.

A declaração da Rio-92 ou Eco-92, na cidade do Rio de Janeiro, foi um marco que globalizou o conceito de desenvolvimento sustentável entre diversos países. Seu objetivo principal era ultrapassar os limites ambientais locais impostos e expandir-se em ações que visassem conscientizar a humanidade, influenciando seus modos de pensar, de produção e de consumo (FEDERAL, 1996).

A meta era implementar uma nova postura de desenvolvimento, que valorizasse os aspectos sociais, econômicos e ambientais, ou seja, otimizar todo o processo produtivo. Com a Rio-92 foram elaboradas ações a serem seguidas pelos países participantes, uma delas foi a agenda 21, um programa de governo de âmbito nacional que tinha o intuito de tornar as

sociedades mais sustentáveis, conciliando a preservação ambiental, a justiça social e a eficiência econômica, baseando-se no seguinte pensamento: “*pensar globalmente, agir localmente*” (FEDERAL, 1996).

Este documento estabeleceu a importância de cada país em se comprometer a refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais, e todos os setores da sociedade poderiam cooperar nas possibilidades de condições para possíveis soluções dos problemas socioambientais. Uma de suas principais qualidades era o fato de incluir as agendas locais, que conservava a cultura e o conhecimento de suas determinadas localidades.

No ano 2002, foi realizada em Johannesburgo na África do Sul, a conferência Rio-92 + 10, que teve como principal objetivo verificar as ações firmadas durante a Eco-92 e a partir daí instaurar novas ações destinadas ao desenvolvimento sustentável e seu alcance máximo nos países em desenvolvimento e subdesenvolvimento (DINIZ, 2002).

O modelo atual de desenvolvimento não garante a sustentabilidade dos recursos naturais, e, além disso, ainda coloca em risco a continuidade de gerações e o bem-estar dos aqui presentes. Para Sachs (2004), os cinco pilares do desenvolvimento sustentável são: social, ambiental, territorial, econômico e político.

Sendo assim, a energia solar surge na contemporaneidade como uma forma, uma possibilidade de atenuar os impactos ambientais gerados por outras fontes de energia não renováveis. Aparentemente tem-se a errônea ideia de que a energia solar foi descoberta recentemente. Porém sua descoberta é antiga e já havia relatos em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel (1820 — 1891), sobre a captação de energia através do sol (SILVA, 2004)

A esse fenômeno adotou o nome de efeito fotovoltaico, pois desenvolve força energética pela ação da luz. Becquerel estudou o espectro solar, magnetismo, eletricidade e óptica. É bastante conhecido pelos seus trabalhos sobre a luminescência e fosforescência. Descobriu o efeito fotovoltaico, que é a base de funcionamento da célula solar. Daí em diante foi se aprimorando, passando pelo inventor americano Charles Fritts (1850 – 1903), e sua primeira bateria solar feitas com folhas de selênio em 1883, chegando à primeira célula solar preparada a base de silício, desenvolvida por cientistas (SILVA, 2004).

Atualmente o que se encontra no mercado são células de silício com três tipos diferentes: silício cristalino, monocristalino e silício amorfo (MACHADO; MIRANDA, 2014). Os painéis fotovoltaicos são formados por um conjunto de células fotovoltaicas que podem ser interconectados de forma a permitir a montagem de arranjos modulares que, em conjunto, podem aumentar a capacidade de geração de energia elétrica. Cerca de 80% das células são fabricadas a partir do silício cristalino; 20% utilizam filmes finos. No entanto, o silício utilizado na indústria fotovoltaica é o silício de grau solar (SiGS) que possui uma pureza de 99,99%, (SILVA, 2015).

No Brasil, apesar de possuir jazidas de quartzo de alta pureza, ainda não se tem muito destaque nesse segmento de energia solar, devido a vários fatores que não contribuem para sua ascensão, como o custo alto, pois a aquisição desse sistema energético tem um custo bastante

elevado devido a importação de seus materiais vindos principalmente do maior produtor, a china. Porém, segundo a Empresa de Pesquisa Energética – EPE os custos para esse seguimento, principalmente em residências, centros comerciais poderão cair entre 2010 e 2020.

Sendo ainda necessário, mesmo após essa redução, alinhar a disseminação de conhecimento do produto às populações mais pobres sobre esse tipo de energia renovável, onde seria mais bem aproveitado. Outro fator que interfere são os interesses público que envolve os outros tipos de energia, há de se reconhecer um aumento de investimento no seguimento de energia renovável, como o próprio programa Luz para Todos do Governo Federal que distribuiu energia solar para comunidades remotas.

As resoluções normativas estabelecidas a exemplo da 482, 488 e 493 de 2012, que dentre os benefícios estabeleceu o sistema *net metering*, muito utilizado no EUA. Somente pagarão a diferença do que foi produzido e injetado, seguidos de descontos em impostos como ICMS para aplicações de células solares em módulos ou painéis. Incentivos de financiamento através de bancos como BNDES que prática taxas de juros baixas e amortização de até 20 anos, contanto com o PROESCO⁶ desenvolvido também pelo BNDES para ações que contribuam para redução de energia (SILVA, 2015).

A Caixa Econômica Federal também atuou oferecendo condições favoráveis para o consumidor adquirir sua energia solar. Apesar da energia ser economicamente viável e ecologicamente sustentável, o poder público ainda foca em áreas que gerem riquezas. Exemplo disso é o caso ocorrido na cidade de Juazeiro na Bahia em que recebeu a implantação de placas solares em dois condomínios do programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV), sendo a primeira mini-usina com geração de energia solar distribuída.

O projeto teve um investimento de R\$ 7 milhões, financiados a maior parte pelo fundo socioambiental da Caixa. Foram instalados nos telhados das unidades habitacionais 9.156 painéis solares de 230 Watts-pico⁷ (Wp) cada, isso apenas num período de 36 meses. O projeto entrou em vigor em fevereiro de 2014 e continuou até outubro de 2016 (CUNHA; TORRES; SILVA, 2017).

Seu faturamento foi de R\$ 3.134.065,80, o equivalente a 97.939,55 por mês. O condomínio ficou com 40% das receitas, e os outros 60% foram divididos entre as mil unidades habitacionais, cada uma recebeu R\$ 1.880,44, o equivalente a uma média de 58,76 por mês. Após o fim do experimento sua conexão não foi reestabelecida (CUNHA; TORRES; SILVA, 2017).

Inicialmente os moradores do Condomínio Residencial Praia do Rodeadouro passaram a receber um valor de aproximadamente R\$ 200,00 (duzentos reais), o qual foi reduzindo gradativamente, chegando ao ponto de cada família recebe a quantia de R\$: 6,00 (seis reais). Com isso os moradores começaram a questionar sobre os valores que estavam recebendo, o que por sua vez conduziu ao final do projeto.

⁶ Promover a eficiência energética no país, por intermédio de apoio a projetos de combate ao desperdício e de racionalização do uso da energia.

⁷ Medida de potência energética, normalmente associada com células fotovoltaicas.

Sendo assim, atualmente não há informações sobre o preço exato de venda da energia. Em relação ao Fundo de Investimento o valor deveria atingir R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais), a finalidade do fundo seria realizar obras dentro do próprio condômino, sendo que a única obra realizada foi a construção do Centro Comunitário.

De acordo com Cunha, Torres e Silva. (2017) o projeto de placas de energia solar nos residenciais Praia do Rodeadouro e Morada do Salitre, atendiam mais de 1.000 famílias, e o projeto contava com:

- i. Instalação de Placas Solares e cata-vento para geração de energia limpa, utilizando os telhados das Moradias do dois Residenciais.
- ii. Fonte de renda para os Condôminos e para o próprio Residencial.
- iii. Parceria entre Caixa econômica Federal e empresa Brasil Solar.
- iv. A Energia gerada seria vendida em um mercado específico e o Valor da mesma seria repassado da seguinte Forma: • 60% para os Condôminos,
- v. 30% para o Fundo de Investimento da Caixa Econômica Federal,
- vi. 10% para o Condomínio.

Há de se reconhecer que o retorno do investimento não é significativo, conforme apresentado nos dados anteriores, apesar que não foi dada a oportunidade de resposta desse sistema no longo prazo, sendo que para ser ter um retorno de sistema de energia fotovoltaica em uma casa comum demora aparentemente anos. Não tem como viabilizar a instalação de um sistema assim se o prazo for tão curto. Cabe ressaltar que mesmo tendo retorno financeiro maior, com a geração de energia fóssil, no caso a hidrelétrica. O Rio São Francisco tem apresentado vazão na barragem de sobradinho fixada em $600\text{m}^3/\text{s}$, a menor da sua história e inferior a metade do mínimo recomendado pelos órgãos ambientais responsáveis (GOMES; BORJA, 2018).

Nesse sentido, deve-se levar em consideração os impostos cobrados sobre recursos naturais como petróleo, água e outros, dessa forma se especula a possibilidade de se taxar a energia solar e eólica. Uma discussão que tem como propósito cobrar pelo uso do sol e do vento. As mesmas condições impostas sobre os outros recursos naturais, apesar que com exceção do sol e do vento, os outros materiais são finitos, dando então a condição de taxas pelo uso.

FIGURA 2 - Condomínio Residencial Praia do Rodeadouro Juazeiro, BA.



Fonte: autores (2020)

FIGURA 3 – Placas Solares instaladas no Condomínio Residencial Praia do Rodeadouro Juazeiro-BA.



Fonte: autores (2020)

Diante ao exposto, o Protocolo de Kyoto⁸ estabeleceu um acordo entre 55 nações com o compromisso mais rígido para redução de emissão de gases que piore o efeito estufa. As energias limpas vão de acordo com esse tratado, pois diminui as dependências de recursos ofensivos ao meio ambiente, impede mais construções de hidrelétricas que alagam territórios cultiváveis e habitáveis, tirando também o fluxo natural do rio, podendo esse deixar de existir devido a outros agravantes.

Há uma crescente demanda por fontes de energia renováveis devido à preocupação com o meio ambiente e sua poluição causada pela oferta de combustíveis tradicionais. Estudos recentes mostram uma tendência de crescimento da demanda energética de 4% em consequência da melhoria de qualidade de vida nos países em desenvolvimento, o que equivale a dizer que se o consumo de energia dos países subdesenvolvidos continuar nesse ritmo ele pode ultrapassar o consumo dos países desenvolvidos em virtude da melhoria dos parâmetros socioeconômicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos fatos analisados, percebe-se grandes desafios a serem discutidos. A energia solar é uma fonte sustentável durante seu processo de utilização, porém sua fabricação e seu destino pós fim de uso ainda apresentam índices de poluição. Logo, ainda há muitos pontos a serem discutidos, pois para cada problema solucionado, surge um novo caso a ser debatido. O que não se pode é deixar essa situação cair no esquecimento e manter a população atenta e informada sobre as mudanças climáticas, quais suas consequências e ações a serem tomadas. O

⁸ Protocolo de Kyoto é um acordo internacional entre os países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU), firmado com o objetivo de se reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa e o consequente aquecimento global.

governo e empresas tem o dever de proporcionar condições decentes ao meio em que está inserido, como o próprio conceito de desenvolvimento sustentável propõe em atender as necessidades presentes, sem comprometer vidas futuras. Suas ações como vimos são pequenas diante da imensidão de oportunidades possíveis.

Não há uma propagação de conceito sustentável, nesse sentido, cabe destacar que a inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no condomínio Praia do Rodeadouro foi descontinuado por medida da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEL), pois de acordo a agência o projeto violou as regras existentes para geração de energia do consumidor, pois sua base tinha como principio a venda de energia, o que por sua vez não é permitido. Portanto, não havendo a possibilidade de reversão dessa decisão o projeto tornou-se inviável para a comunidade, embora estivesse o valor recebido por morador fosse de apenas R\$ 6,00 ainda assim seria uma possibilidade para melhoria no longo prazo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos acadêmicos**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

BRAGA, B. [org.] **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª. ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2005.

BUNDE, Altacir; RIZZI, Kamilla; CARVALHO, Paulo Roberto. A construção histórica do desenvolvimento sustentável e o papel das Nações Unidas. **Cadernos de Relações Internacionais e Defesa**, v. 2, n. 2, p. 44-72, 2020.

CUNHA, F. B. F.; TORRES, E. A.; SILVA, M. S. **Geração de renda e energia em Juazeiro: Contribuições da Resolução Aneel nº 4,385/2013 para inserção da energia solar na matriz elétrica**. 2017. v 27. Bahia, 2017. Disponível em: <http://publicacoes.sei.ba.gov.br/index.php/bahiaanaliseedados/article/view/71>. Acesso em 15 out. 2020.

DINIZ, Eliezer Martins. Os resultados da Rio+ 10. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 15, p. 31-35, 2002.

FEDERAL, Brasil Senado. Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21. In: **Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21**. 1996. p. 591-591.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. **Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados**. Cad. EBAPE.BR [online]. 2017, vol.15, n.3, pp.667-681.

FREITAS, Gisele; SILVEIRA, Suely de Fátima Ramos. Programa Luz Para Todos: uma representação da teoria do programa por meio do modelo lógico. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 45, 2015.

GODOY, S. G. M. de; PAMPLONA, J. B. **Protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento**. 2007. V 18, São Paulo, 2007.

GOMES, Albert Tiago Porto; BORJA, Patrícia Campos. PROGRAMA ÁGUA DOCE (PAD) E CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO: UMA AVALIAÇÃO DA AUTOGESTÃO DOS SISTEMAS A PARTIR DO MUNICÍPIO DE BRUMADO NA BAHIA. In: **48º Congresso Nacional de Saneamento da Assemae-Anais. Assemae, Fortaleza/CE**. 2018

JENKINS, S. et al. Framing climate goals in terms of cumulative CO₂ -forcing-equivalent emissions. **Geophysical Research Letters**, v. 45, n. 6, p. 2795-2804, 2018.

MACHADO, C.; MIRANDA, F. **Energia Solar Fotovoltaica**: Uma breve revisão. Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. (Org.) **Desenvolvimento sustentável**: a institucionalização de um conceito. Brasília: Ed. Ibama, 2002.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU. **Roteiro para a Localização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**: Implementação e Acompanhamento no nível subnacional. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015>. Acesso em: 12 de jan. 2020.

PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. Tipos de Fontes de Energia. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/>. Acessado em: 16 mar 2020.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento Sustentável**: uma perspectiva econômico-ecológica. Estudos Avançados (USP. Impresso), v. 26, p. 65-92, 2012.

SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 21ª ed. São Paulo:Cortez, 2000.

SILVA, Palmira F. Breve história da energia solar. **Instituto Superior Técnico–Universidade Técnica de Lisboa**, 2004.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. 2015. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/507212/TD166-RutellyMSilva.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 dez.2020.

CAPÍTULO 6

MANUFACTURE OF PLATES FOR THERMAL INSULATION IN COVERINGS WITH CARTONED PACKAGING

Carlos Henrique Fortunato Conceição¹
Rayane Fontes Mota²
Nayára Bezerra Carvalho³
Cassius Gomes de Oliveira⁴
Ingrid Cavalcanti Feitosa⁵

Resumo

Embalagens cartonadas são compostas pela sobreposição de camadas de papel, plástico e alumínio. Devido a sua composição e a dificuldade para separação dos seus componentes, as embalagens se tornam um material de difícil reciclagem. Com a intenção de aumentar o número de embalagens cartonadas a serem reutilizadas e em conjunto proporcionar isolamento térmico às edificações, este trabalho busca a aplicação de mantas de embalagens cartonadas como materiais isolantes, que trabalham como barreira na transferência de calor. Assim, escolheu-se um local de instalação, onde as mantas térmicas foram aplicadas com a face aluminizada voltada para cobertura. As verificações térmicas realizadas estabeleceram redução térmica média de 4,7°C. Portanto, a manta instalada com a face de alumínio voltada para a cobertura obteve êxito na redução de temperatura. O uso desse material contribui muito com o meio ambiente, reutilizando produtos antes descartados, que pode exercer a função de isolante térmico, na construção civil.

Palavras-chave: embalagens cartonadas; isolamento térmico; mantas térmicas.

Abstract

Carton packs are composed of overlapping layers of paper, plastic and aluminum. Due to its composition and the difficulty in separating its components, packaging becomes a material that is difficult to recycle. With the intention of increasing the number of carton packs to be reused and together providing thermal insulation to buildings, this work seeks to apply carton packs as insulating materials, which work as a barrier in the heat transfer. Thus, an installation location was chosen, where the thermal blankets were applied with the aluminum face facing the roof. The thermal checks carried out established an average thermal reduction of 4.7 ° C. Therefore, the blanket installed with the aluminum face facing the roof was successful in reducing the temperature. The use of this material contributes a lot to the environment, reusing products previously discarded, which can exercise the function of thermal insulator, in civil construction.

Keywords: carton packs; thermal insulation; thermal blankets.

Introdução

Devido ao crescimento da população mundial, a produção de lixo no planeta tem aumentado consideravelmente. De acordo com pesquisas realizadas pela Organização das Nações Unidas (ONU), são produzidas pela humanidade mais de 2 bilhões de toneladas de lixo por ano. Estima-se que 99% dos produtos consumidos são utilizados e jogados fora, dentro de um prazo de até seis meses. Assim, para acomodar 7,6 bilhões de pessoas no mundo, seria necessário 70% de outro planeta Terra, como recurso para absorver o lixo gerado (ONU, 2018).

¹ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: cfortunato888@gmail.com.

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: ravaane_mf@hotmail.com.

³ Doutora em Engenharia de Processos pela UNIT e professora Escola de Ciência e Tecnologia da UFRN – Campus Natal. E-mail: nayara.eng@hotmail.com.

⁴ Mestre em Matemática Aplicada e Computacional pelo Departamento de Ciências da Computação e Estatística (DCCE) pela mesma universidade (fev/2004).

⁵ Doutora em Engenharia de Processos (2016) e professora na Universidade Tiradentes – UNIT.

As embalagens cartonadas são materiais de alto consumo universal, cujo gerenciamento do resíduo é complexo, principalmente nas etapas de coleta, tratamento, reciclagem e destinação final. Em 2015, a taxa de reciclagem das embalagens cartonadas, no Brasil, foi de apenas 21% (CEMPRE, 2015).

Assim, mesmo com recursos desenvolvidos para a reciclagem das embalagens, ainda é insuficiente diante da necessidade de melhora na destinação final desse produto, de modo a possibilitar benefícios no âmbito social, ambiental e financeiro. Desta forma, surge como alternativa, a reutilização das mesmas na fabricação de mantas térmicas para coberturas, a serem aplicadas na construção civil.

As embalagens cartonadas apresentam um grau significativo de refletância da radiação solar, cuja impede a passagem de calor para o interior das edificações pelo processo de radiação. Desta forma, torna-se uma alternativa viável para redução na transferência de calor entre o ambiente externo e interno, e permite maior conforto térmico (SANTOS, 2019).

Em Sergipe, as temperaturas são relativamente altas, conseqüentemente, provoca desconforto térmico na maioria das residências, principalmente no tocante a população de baixa renda, que possui poucas opções de recurso para solucionar tal situação. Desse modo, a aplicação da manta com embalagens cartonadas para redução na temperatura, pode se tornar uma alternativa para abrandar o problema.

Dentro desse contexto, é necessário estudos sobre a interferência da manta na redução de calor em coberturas, e a capacidade de refletância, de modo a trazer resultados que esclareçam sua real eficácia no conforto térmico em edificações.

Metodologia

Neste presente objeto serão apresentados os procedimentos utilizados para coleta das embalagens cartonadas, a apresentação da confecção das mantas com as embalagens, bem como a caracterização dos locais de aplicação e métodos para aferição da influência das mantas no isolamento térmico.

2.1 Coleta das embalagens cartonadas

Para a execução da pesquisa foi realizada a coleta de embalagens cartonadas por meio de campanhas na internet, na busca por colaboradores que são consumidores de produtos que possuem como invólucro as embalagens cartonadas, e por parceria com uma empresa que fabrica produtos, cujos envoltório são essas embalagens.

2.2 Dimensionamento

Após a coleta das embalagens, realizou-se o dimensionamento para identificar e quantificar os materiais a serem utilizados na confecção das mantas térmicas de caixas cartonadas. Com base nas dimensões das embalagens, quantificou-se o número de caixas utilizadas na confecção de 1 m² de manta reciclada (Equação 1). No entanto, para fins de cálculo, foram abatidas da área total das caixas, a área das emendas e a área de recorte.

$$QTD\ Caixas = \frac{1\ m^2}{(\text{Área total da embalagem} - \text{Área de recorte e emenda})} \quad (1)$$

A união das embalagens cartonadas ocorreu por meio da fita Silver Tape, que para cálculo da quantidade de fita (QTD Fita) por metro quadrado de manta reciclada, utilizou-se a Equação (2).

$$QTD\ Fitas = ((2 \times \text{Base da caixa}) + (2 \times \text{Altura da caixa}) \times QTD\ caixas) - 1\ m\ p/\ cada\ face \quad (2)$$

Assim, para fins de dimensionamento, com base na área da edificação e informações acerca da geometria das caixas, pôde-se através das equações, estipular o consumo de material utilizado na fabricação das mantas para instalação.

2.3 Orçamento das mantas de embalagens cartonadas

Após o dimensionamento da manta, realizou-se um levantamento orçamentário dos materiais e processos a serem utilizados na aplicação das mantas térmicas recicladas. Os levantamentos orçamentários se realizaram através de empresas comerciais de Sergipe e do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE, cujo objetivo foi estipular os custos das mantas para 1m², afim de estabelecer a alternativa mais econômica.

2.4 Confeção das mantas

Para a confeção das mantas, fez-se necessário passar por processo de limpeza e abertura das embalagens, de modo que seja retirada toda substância que se encontre em seu interior e fossem abertas da forma mais adequada para a confeção. Após abertas e limpas as embalagens foram agrupadas umas às outras por meio de fitas Silver Tape prateada (Fita forte e impermeável composta por uma camada externa de polietileno e uma camada interna de adesivo à base de borracha) na conformidade possível para a confeção de placas de 1 m².

2.5 Caracterização do local

A escolha do local se empreendeu de modo avaliativo, junto à necessidade de implantação de mantas térmicas, com o intuito de viabilizar maior conforto térmico a edificação. O local de operação, trata-se de um depósito de materiais que possui como cobertura a telha de fibrocimento, cuja estrutura do telhado fica reduzida as Terças (estrutura de madeira responsável pela sustentação da telha). O depósito não detém qualquer tipo de forro, portanto, viabiliza a aplicação da manta e ajuda na aferição da temperatura para realização do estudo.

A aplicação das mantas, para estudo no depósito de materiais, foi realizada com a face aluminizada voltada para cobertura, a fim de comprovar maior refletância e promover maior conforto térmico ao ambiente. Definido o local da prática da pesquisa e o modo de instalação das mantas no ambiente, tornou-se possível o encetamento do estudo para comparação da eficiência térmica das mantas de embalagens cartonadas.

2.6 Aferição da temperatura

O processo de aferição de temperatura é umas das etapas mais importantes e primordiais na realização do estudo, nessa fase, buscou-se reconhecer e comprovar o conforto térmico no interior do local. Somente de posse dos dados obtidos, foi possível comprovar a efetividade da diminuição da temperatura, comparando os índices térmicos antes e após a instalação da manta de embalagem cartonada.

As aferições das temperaturas foram realizadas durante três dias, anteriormente e posteriormente a aplicação da manta, no período das 8:00 às 17:00 horas. Para efetuar as devidas aferições no interior do local de implantação da manta, instalou-se um aparelhamento compacto de alta precisão e fácil operação. Assim, a etapa inicial se deu pela instalação do IDE (*Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado*). Arduino disponível no link: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>>.

O sensor de umidade e temperatura DHT11 utilizado, é básico e de baixo custo. Possui um termistor e um sensor capacitivo para medir a temperatura e a umidade do ar, que permite fazer leituras de temperaturas entre 0°C a 50°C Celsius e umidade de 20% a 90%. Esse sensor é de fácil utilização e requer tempo entre duas leituras consecutivas, com intervalo mínimo de um segundo entre as leituras.

Dentre as características do sensor DHT11, identifica-se a tensão de alimentação de 3V a 5V, corrente máxima de 2,5mA durante a conversão, possui uma precisão de 5% para a umidade e de $\pm 2^\circ\text{C}$ para a temperatura. A taxa de amostragem é de até 1Hz (uma leitura por segundo) com dimensão de 15,5mm x 12mm x 5,5mm e detém quatro pinos com 0.1 polegadas de espaçamento. Para que se possa efetuar as leituras, instalou-se as configurações do sensor (GITHUB, 2019).

Após a instalação das configurações no windows do sensor no IDE do Arduino, os arquivos de programa são inseridos na pasta Libraries os dados do sensor DHT11. A posteriore, utilizou-se Jumpers Macho-Macho com comprimento de 10 cm, cuja secção do fio condutor é de 24 AWG. Utilizou-se este conector para interligar o sensor ao Arduino a três metros de distância. Com o suporte do protoboard ou matriz de contatos, equipamento pequeno e de fácil manipulação, utilizou-se essa ferramenta para montar o circuito do sistema de aferição de temperatura.

A placa de Arduino utilizada foi conectada a um computador através de um cabo USB. É uma placa micro controladora baseada no chip ATmega328, microcontrolador produzido pela Atmel, possui 14 pinos digitais I/O, 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, conector de energia, barramento ICSP e botão reset. O Arduino desempenha o papel de controlador inteligente do sistema, através da captação de dados do ambiente. A leitura dos dados captados pelo sistema se deu através da programação IDE de um sistema que corresponda a leitura desejada em plataforma com linguagem C/C++.

A programação do microcontrolador independente foi desenvolvida com o objetivo de aferir a temperatura num intervalo de 10 segundos. Entretanto, o equipamento não possuía um

sistema de salvamento automático dos dados, fazendo-se necessário que o operador, após as aferições, realizasse o salvamento manual dos dados na planilha Excel. A posterior, realizou-se a elaboração de gráficos com os dados obtidos nas aferições, a fim de comparar as temperaturas para comprovação da eficácia da manta.

Resultados e discussões

Através dos métodos e aplicações estabelecidos anteriormente, tornou-se possível obter resultados acerca da aplicação das mantas térmicas ecológicas.

3.1 Coleta das embalagens cartonadas

A coleta das embalagens cartonadas realizadas através de campanhas obteve a arrecadação de aproximadamente 600 caixas, enquanto, a parceria com uma empresa promotora de embalagens cartonadas proporcionou a arrecadação de 1138 caixas cartonadas, quantidade considerável para a confecção e aplicação das mantas. A manta confeccionada apresenta dimensão de (1 m x 1 m), cuja união entre as embalagens cartonadas se sucedeu por fitas Silver Tape (fita reforçada de múltipla aplicação de alto desempenho, composta de filme de polietileno reforçado com tecido laminado de algodão, possui alta resistência ao rasgo e a tração).

3.2 Dimensionamento e orçamento das mantas de embalagens cartonadas

O dimensionamento e orçamento das mantas tem como objetivo, identificar a quantidade de caixas necessárias para confecção das mantas, bem como, possibilitar a identificação dos custos de produção e implementação.

3.2.1 Dimensionamento

No dimensionamento, foi estabelecida a quantidade de caixas cartonadas necessárias para a confecção de 1 m² de manta. Com base nas dimensões da embalagem de 0,270 m por 0,270 m, a área útil da caixa foi de 0,0729 m², todavia, parte do material foi recortado (retirando as imperfeições da caixa) para atingir o acabamento desejado. Por conseguinte, as caixas passaram a ter dimensão de 0,102 m por 0,102 m e realizou o abatimento de 0,0104 m² da área útil, destinado para emenda das caixas. Assim, através da Equação 1, pôde-se estabelecer a quantidade de caixas cartonadas utilizadas na confecção de um metro quadrado de manta reciclada, conforme calculo a seguir:

$$QTD \text{ Caixas} = \frac{1 \text{ m}^2}{(\text{Área total da embalagem} - \text{Área de recorte e emenda})}$$

$$QTD \text{ Caixas} = \frac{1 \text{ m}^2}{(0,0729 - 0,0104)}$$

$$QTD \text{ Caixas} = 16 \text{ unidades}$$

Entretanto, devido à inconformidade que algumas caixas apresentavam, transcorreu-se um recorte maior da área total das embalagens, com o intuito de aperfeiçoar o acabamento, de modo a remover a parte da embalagem que não apresentava a face aluminizada. Conseqüentemente, os tamanhos distintos identificados nas embalagens cartonadas exigiram a configuração de um novo dimensionamento para adequação da área da manta de 1m². Desse modo, para fins de dimensionamento de acordo com a realidade das embalagens, utilizou-se ainda a Equação 1, assim a área de recorte e emenda para 0,0229 m².

$$QTD \text{ Caixas} = \frac{1 \text{ m}^2}{(\text{Área total da embalagem} - \text{Área de recorte e emenda})}$$

$$QTD \text{ Caixas} = \frac{1 \text{ m}^2}{(0,0729 - 0,0229)}$$

$$QTD \text{ Caixas} = 20 \text{ unidades}$$

A fim de dimensionar a quantidade de fita Silver Tape, utilizou-se a Equação 2, em consonância com a pior situação, que seria a quantidade de fita para 20 caixas e as dimensões da caixa com desconto dos recortes e emendas, conforme cálculo a seguir:

$$QTD \text{ Fitas} = ((2 \times \text{Base da caixa}) + (2 \times \text{Altura da caixa}) \times QTD \text{ caixas}) - 1 \text{ m p/ cada face}$$

$$QTD \text{ Fitas} = ((2 \times 0,250) + (2 \times 0,180) \times 20 \text{ caixas}) - 1 \times 4 \text{ faces}$$

$$QTD \text{ Fitas} = 9,20 \text{ m}$$

Para fins de cálculo e dimensionamento, baseado na área de utilização *in loco* das mantas térmicas instaladas, o local tem área total de 45,41 m², entretanto, devido a inclinação do telhado e a não linearidade das paredes, ocasionou o aumento da área equivalente para 56,85 m². Assim, observou-se que para a confecção de 1m² de manta com caixas cartonadas são necessárias 20 unidades caixas cartonadas e 9,20 metros de fita tape.

A partir dos dados demonstrados anteriormente, pôde-se estimar a quantidade de caixas cartonadas e fitas silver tape utilizadas na confecção das mantas para aplicação no local. Empregou-se 1137 unidades de caixas para 56,85 m² e 11 unidades de fita (48 mm x 50 m) para uma área de 26,40 m².

3.2.2 Orçamento

A realização do orçamento levou em consideração dois cenários. No primeiro caso, o levantamento foi realizado com base nos custos dos materiais para execução do projeto, desprezando a mão de obra. No segundo, os valores estimados consideraram o custo da mão de obra (necessária para fixação das mantas no telhado) e os materiais, visto que, pretendeu-se nesse contexto estabelecer os preços de aplicação da manta do ponto de vista comercial. O preço das embalagens cartonadas foi desconsiderado em ambos os casos, por serem providas da

reutilização. No projeto, o orçamento ateu-se aos gastos contidos a utilização da fita Silver Tape, pois, detínhamos uma equipe disponibilizada para fixação das mantas no telhado.

No primeiro cenário, a confecção e instalação das mantas no local ao levar em consideração apenas o custo das fitas, o valor unitário médio das fitas (48 mm x 50m) foi de 30,00 reais, como foram utilizadas 11 unidades, obteve-se um custo total de 330,00 reais.

Na realização do orçamento destinado a comercialização da manta de embalagens cartonadas, utilizou-se o sistema ORSE - Orçamento de Obras de Sergipe, a fim de obter todos os custos necessários para implantação da manta. Considerando o preço da fita Silver Tape e o custo da mão de obra para um dia e meio de trabalho (equivalente a 12 horas). Assim, obteve-se um custo total de implementação da manta de R\$ 653,03.

3.3 Produção e aplicação das mantas de embalagens cartonadas

A implantação das mantas confeccionadas com embalagens cartonadas transcorreu com o objetivo de consolidar os dados referente a redução da temperatura interna da edificação. No Depósito de Materiais do local de instalação, a aplicação das mantas efetuou-se entre a estrutura de madeira para fixação da telha (terças) e as telhas de fibrocimento, com face aluminizada voltada para o ambiente externo. Para facilitar a aplicação, sucedeu a união de 6 mantas, de modo a formar a dimensão de 1 m x 6 m, com objetivo de vencer o vão no sentido transversal da edificação.

À medida que as telhas eram retiradas, as mantas eram fixadas na estrutura de madeira por meio de pregos. No posicionamento foi adotado o transpasse entre as mantas de 5 cm (Figura 01), para assegurar a total refletância, sem passagem de luz ou calor. No local de sobreposição, observa-se dupla camada de caixa cartonada, o que ocasiona eficiência na vedação.

Figura 01 - Modo de fixação das mantas no telhado.



Fonte: Autor (2019).

Após a fixação de todas as mantas, foram usados fios de arame galvanizado (amarrados nas extremidades da estrutura de madeira e esticados) com o propósito de consolidar a manta e impedir a formação de ondulações entre os espaços da estrutura. Assim, foi finalizado todo o processo de aplicação (Figura 02) e pôde-se dar início às aferições da temperatura interna.

Figura 02 - Processo de aplicação da manta finalizado.



Fonte: Autor (2019).

3.4 Aferições das temperaturas

No presente estudo, as aferições da temperatura foram realizadas nos dias com máxima incidência solar sobre a edificação. Contudo, algumas aferições ocorreram em dias de chuva, devido à indisponibilidade de tempo, para finalização da pesquisa.

Assim, através da obtenção de dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, pôde-se conhecer as condições do tempo de acordo com as temperaturas mínimas e máximas em Aracaju, nos meses de abril e maio. Os índices registrados no período das verificações apresentaram temperatura mínima de 22,60°C e máxima de 31,9°C. As temperaturas mínimas e máximas das aferições nos meses de abril e maio de 2019. Os índices térmicos foram obtidos até às 18 horas, segundo o Coordinated Universal Time (UTC).

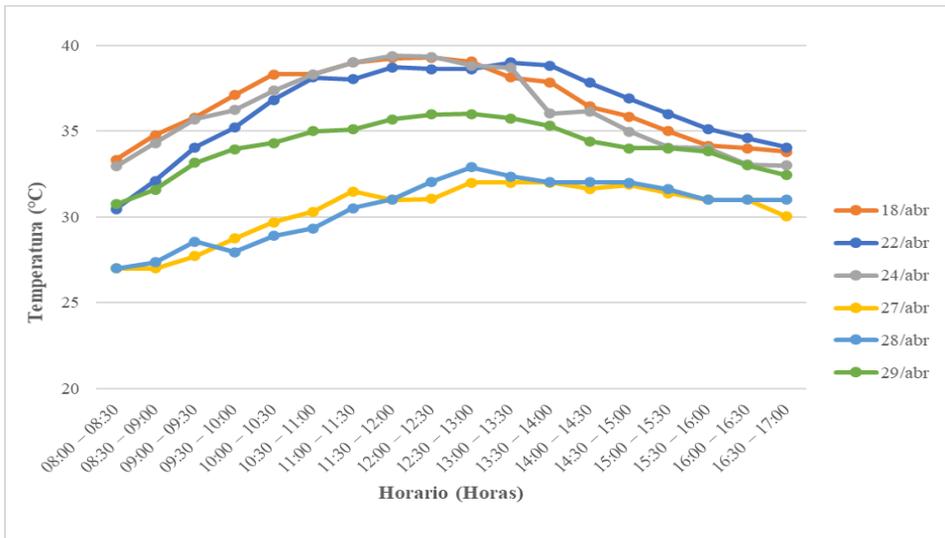
As temperaturas do depósito de materiais do local de aplicação, foram obtidas através dos equipamentos (Sensor DHT11, Jumpers 10 cm, Protoboard e Arduino) programados para aferição da temperatura. Durante o processo de coleta dos dados, as leituras realizadas pelos equipamentos foram programadas para registrar as informações no intervalo de 10 segundos. Adotou-se como faixa horária de aferição o intervalo de 08:00 as 17:00 horas, com base no período de maior incidência solar, obtendo-se 3.240 aferições diárias. Em seguida, foi calculado o erro absoluto e relativo da quantidade de aferições, cujo resultado médio obtido foi de ± 72 aferições e percentual de erro de $\pm 2\%$, respectivamente. O desvio padrão em relação ao erro foi de ± 210 aferições, com percentual de falha de $\pm 6\%$.

Nas temperaturas da edificação, foi realizada a média aritmética dos dados obtidos, com o objetivo de aumentar o intervalo de aferições de 10 segundos para 30 minutos, a fim de simplificar a análise dos resultados. As conferências foram realizadas durante três dias antes da instalação da manta e três dias após a aplicação. Antes da aplicação das mantas, a máxima temperatura obtida foi de 39,6°C e a mínima foi de 30,48°C. As temperaturas médias obtidas foram de 36,47°C no primeiro dia, 36,40°C no segundo e 36,42°C no terceiro.

A temperatura máxima encontrada após a aplicação da manta foi de 36,00°C e mínima de 26,99°C. As aferições realizadas durante os três dias apresentaram temperaturas médias de 30,36°C no primeiro dia, 30,48°C no segundo dia e 34,04°C no terceiro dia de aferição. No gráfico ilustrado na Figura 03, podem ser identificadas as tempéries resultantes das conferências

realizadas antes e após a aplicação da manta com face aluminizada voltada para cobertura, e perceber um ganho térmico considerável.

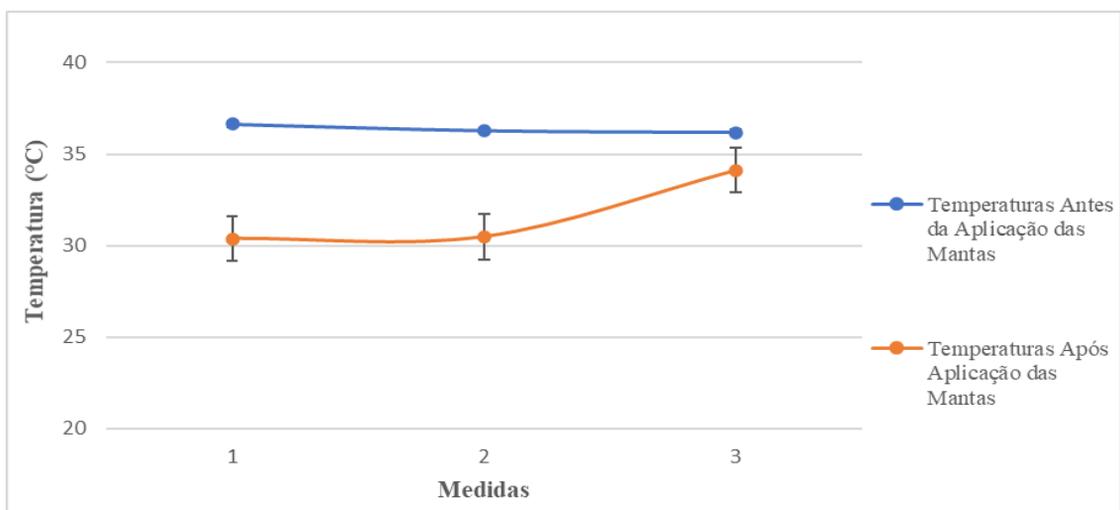
Figura 08 - Comparativo das temperaturas antes e após da aplicação da manta de embalagens cartonadas.



Fonte: Autor (2019).

As aferições das temperaturas realizadas no ambiente interno eram elevadas em relação ao meio externo, devido à presença de telha de fibrocimento comum e ventilação insuficiente. Assim, realizou-se o comparativo entre as verificações realizadas antes e após a implementação da manta (Figura 04), obtendo-se um ganho térmico médio de 4,7 °C no interior do depósito.

Figura 04- Ganho térmico na edificação.



Fonte: Autor (2019).

Morais (2004) evidencia a utilização de coberturas ajardinadas como alternativas viáveis para isolamento térmico, gerando benefícios ambientais que atinge a edificação e a região em volta. Com a aplicação de coberturas ajardinadas, foi estabelecida amplitude térmica e diferenças nas temperaturas externa e interna, o que corresponde a uma diminuição da temperatura de 3,8°C no verão e 1,8°C no inverno. Ao comparar a diminuição encontrada no estudo, frente à redução gerada pela implementação da manta de embalagem cartonada, a utilização da manta obteve maior êxito

De acordo com Andrade (2007), na análise do comportamento térmico de uma cobertura verde com grama braquiária em relação as lajes tradicionais, estabeleceu uma redução na temperatura de 5,47°C. Em contrapartida a aplicação desenvolvida na pesquisa, verificou-se uma redução de 4,7°C. Ao relacionar a margem de erro de aferição de ambas as pesquisas, os indicadores estão dentro da mesma faixa de resultados. De modo que, conforme identifica o estudo anterior, as amostras atingidas na diminuição da temperatura interna atendem os objetivos.

Considerações Finais

A reciclagem é uma técnica de destinação final dos resíduos sólidos que atua em consonância com a preservação ambiental, de forma que ocorre o condicionamento do material sem degradar o meio ambiente. Todavia, devido ao custo de implementação do processo de reciclagem de determinado material, tem-se identificado como alternativa mais viável economicamente a reutilização. Com base no estudo, pode-se perceber que a reutilização consegue direcionar os resíduos de forma sustentável e com custo inferior, quando comparado a reciclagem.

Portanto, com o objetivo de adotar o processo de reutilização das embalagens cartonadas, desenvolveram-se campanhas de arrecadação, que proporcionaram a coleta de 1138 unidades de caixas em parceria com uma empresa promotora de resíduos e 600 unidades com as campanhas das mídias sociais. As embalagens coletadas possuíam dimensões distintas, ao passo que, as caixas advindas das mídias sociais e da empresa, detinham área de utilização de 0,0625 m² e 0,05 m², respectivamente. Assim, de posse das caixas coletadas foram utilizadas 1137 unidades na produção das mantas térmicas para cobertura de 56,81 m².

Com a análise dos dados obtidos, através do levantamento orçamentário realizado no ORSE, pôde-se estabelecer o custo de implantação das mantas de embalagens cartonadas em uma área total de 56,81 m², com custo total de implementação R\$ 653,03. Embasado no quantitativo, sucedeu-se a comprovação da viabilidade econômica no revestimento de coberturas com mantas produzidas com embalagens cartonadas.

Contudo, a fabricação em larga escala ou industrial das mantas, a base de embalagens cartonadas, pode deter custo inferior ao levantado a anterior, dado que os materiais utilizados na fabricação da manta foram comprados em pequena escala, já os preços dos materiais em larga escala podem reduzir significativamente.

Com relação as verificações térmicas realizadas pelo presente estudo, as aferições realizadas no local estabeleceram uma redução térmica média de 4,7°C após a aplicação da manta de embalagem cartonada. Assim, pôde-se constatar que a implementação da manta com a face de alumínio voltada para a cobertura tem eficiência comprovada.

Com fundamento nos dados anteriores, comprovou-se a eficiência das mantas na diminuição da temperatura interna das edificações e na promoção do conforto térmico, em virtude que o conforto térmico obtido no local era perceptível no momento da instalação.

A obtenção das embalagens cartonadas em larga escala é tangível, visto que, segundo a pesquisa de mercado, a geração desse material pela população se dá em grande quantidade, no entanto, a quantidade gerada pelo setor comercial (empresas de produtos alimentares) foi inconclusiva.

Conclui-se que a fabricação das mantas de embalagens cartonadas, bem como sua aplicação, tem potencial para adquirir conforto térmico em edificações a baixo custo, ocasionando a destinação sustentável do resíduo. Tratando-se de uma tecnologia a ser desenvolvida através de novos estudos, a fim de potencializar o conforto térmico com a diminuição da temperatura. Como sugestão para estudos posteriores, pode-se desenvolver pesquisas na aplicação desse componente em locais distintos que necessite de redução de temperatura como paredes, piso, dentre outros, a fim de aferir sua eficiência. É possível ainda, realizar novos estudos que potencialize a diminuição da temperatura gerada pela utilização desse material, em conjunto com outros resíduos ou componentes industriais que aumentem sua eficiência.

Referências

ANDRADE, Nixon César de. **Desempenho térmico de cobertura verde utilizando a grama *Brachiaria humidicola* na cidade de São Carlos-SP**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem. **Ficha Técnica Embalagens Cartonadas Longa Vida**. CEMPRE, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/9/embalagens-longa-vida>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

GITHUB. **Configurações do sensor**. Disponível em: <https://github.com/RobTillaart/Arduino/tree/master/libraries/DHTlib>>. Acesso em: 21 maio 2019.

MORAIS, Caroline Santana de. **Thermal performance of planted roofs in buildings in the city of São Carlos-SP**. 2004. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

ONU. **Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/humanidade-produz-mais-de-2-bilhoes-de-toneladas-de-lixo-por-ano-diz-onu-em-dia-mundial/>>. Acesso em: 15 de mai. 2019.

SANTOS, Alyne Ramos de Campos dos. **Avaliação da emissividade de embalagens cartonadas por termografia e modelagem computacional**. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais) – Universidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Cuiabá, 2019.

CAPÍTULO 7

NOVOS CRITÉRIOS DE CULTIVO EM VIVEIROS FLORESTAIS: É POSSÍVEL AUMENTAR O CRESCIMENTO DAS MUDAS E REDUZIR AS PERDAS DE ÁGUA E NUTRIENTES¹

NEW CULTIVATION CRITERIA IN FOREST NURSERIES: IT IS POSSIBLE TO INCREASE GROWTH OF SEEDLINGS AND TO REDUCE WATER AND NUTRIENTS LOSSES

Richardson Barbosa Gomes da Silva²
Magali Ribeiro da Silva³
Mônica Moreno Gabira⁴
Danilo Simões⁵

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo verificar como os ângulos foliares médios afetam a captação da água de irrigação, a lixiviação e o crescimento das mudas arbóreas em diferentes volumes de irrigação. Mudas de nove espécies, com diferentes ângulos foliares médios, foram submetidas a quatro volumes de irrigação (8, 10, 12 e 14 mm) aplicados diariamente por microaspersores aéreos em delineamento de parcelas subdivididas inteiramente casualizadas. Foram avaliadas as variáveis: fração de lixiviação, altura, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total, índice de qualidade de Dickson e área de projeção da copa. As espécies com ângulos foliares médios positivos facilitam a captação da água, permitindo a aplicação de menor volume de irrigação para aumentar o crescimento. Por outro lado, algumas espécies com ângulos foliares médios negativos dificultam a captação da água, exigindo a aplicação de maior volume de irrigação.

Palavras-chave: Manejo hídrico. Lixiviação. Microaspersão. Arquitetura da planta.

Abstract

This research aimed to ascertain how mean leaf angles affect irrigation water capture, leaching, and the growth of tree seedlings given different volumes of irrigation. Nine species of tree seedlings with different mean leaf angles were submitted to four irrigation volumes (8, 10, 12, and 14 mm) applied daily by overhead microsprinklers in a split-plot design completely randomized. The variables leaching fraction, height, stem diameter, shoot, root, and total dry mass, Dickson quality index, and crown projection area were evaluated. The tree seedling species with positive mean leaf angles facilitate irrigation water capture, allowing the application of lower irrigation volume to increase growth. On the other hand, some tree seedling species with negative mean leaf angles hinder irrigation water capture, requiring the application of higher irrigation volume.

Keywords: Water management. Leaching. Microsprinkler. Plant architecture.

Introdução

Os viveiros florestais tem buscado, tradicionalmente, maior eficiência produtiva e econômica. No entanto, há crescente interesse em reduzir os impactos ambientais na produção de mudas (Riikonen & Luoranen, 2018), especialmente aqueles relacionados ao uso da água para irrigação.

O objetivo da irrigação em viveiros florestais é fornecer água artificialmente para atender às necessidades hídricas das plantas (Irmak et al., 2001). Assim, a conservação da água na

¹ Este capítulo contém partes traduzidas do artigo publicado na revista *Forests* 2020, 11 (11), 1198. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f11111198>

² Doutor em Ciência Florestal pela FCA/UNESP. E-mail: richardson.silva@unesp.br.

³ Professora do Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente da FCA/UNESP – Campus de Botucatu. E-mail: magali.ribeiro@unesp.br.

⁴ Doutoranda em Engenharia Florestal pela UFPR – Campus Jardim Botânico de Curitiba. E-mail: monica.gabira@gmail.com.

⁵ Professor da UNESP – Campus de Itapeva. E-mail: danilo.simoies@unesp.br.

produção das mudas atende aspectos ambientais e sociais, enquanto a melhoria da qualidade das mudas com menos insumos beneficia economicamente o produtor (Fulcher et al., 2016; Ahmed et al., 2020). Nos viveiros de espécies tropicais, há grande dificuldade para definir um único manejo de irrigação, pois são muitas espécies cultivadas em diferentes estágios de crescimento (Yeager et al., 2010; van Iersel et al., 2013; Tawegoum et al., 2015). A maioria dos viveiros aplica água em excesso, resultando em baixa eficiência da irrigação e crescimento das mudas (Mathers et al., 2005), especialmente na irrigação por microaspersão, um sistema de irrigação comumente usado na produção de mudas em recipientes (Augusto et al., 2007).

A arquitetura de cada espécie está entre as características que podem influenciar a eficiência da irrigação (Lea-Cox et al., 2001). A arquitetura da planta é definida como a organização tridimensional do corpo da planta. Para as partes da planta que estão acima do solo, isso inclui o padrão de ramificação, bem como o tamanho, a forma e a posição das folhas e dos órgãos florais (Reinhardt & Kuhlemeier, 2002). Os ângulos formados entre a superfície da folha e o plano horizontal são definidos como ângulos foliares médios e representam a principal variação entre as espécies na distribuição da orientação das folhas (Falster & Westoby, 2003).

Estudos sobre a influência da arquitetura das plantas na captação da água de irrigação são escassos (Zapata et al., 2018; Zhou et al., 2018), principalmente aqueles relacionados aos ângulos foliares médios em mudas de espécies arbóreas. A falta de conhecimento sobre como os ângulos foliares médios afetam a captação da água de irrigação em sistemas com microaspersores aéreos dificulta a redução das perdas de água e nutrientes (Yeager et al., 2010).

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo verificar como os ângulos foliares médios afetam a captação da água em diferentes volumes de irrigação e como isso afeta a lixiviação e o crescimento das mudas de espécies arbóreas.

Material e Métodos

Caracterização dos ângulos foliares médios

Para a caracterização dos ângulos foliares médios de nove espécies arbóreas tropicais [(*Genipa americana* L. (58°), *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng. (57°), *Psidium cattleianum* Sabine (55°), *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho (42°), *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (38°), *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (31°), *Guazuma ulmifolia* Lam. (-14°), *Heliocarpus popayanensis* Kunth (-54°) e *Croton floribundus* Spreng. (-56°)], 30 mudas de cada espécie no tamanho padrão para plantio em campo foram medidas usando transferidor de plástico transparente de acordo com Falster & Westoby (2003). Os ângulos médios formados entre a superfície da folha e a horizontal ($\theta = 0^\circ \rightarrow$ plano horizontal; $\theta = 90^\circ \rightarrow$ verticalmente para cima; $\theta = -90^\circ \rightarrow$ verticalmente para baixo) foram medidos na primeira e na segunda folha totalmente expandidas, a partir do topo de cada muda.

Desenho Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, nos quais os tratamentos de volumes de irrigação comumente usados para a produção de mudas em recipientes (Silva et al., 2014; Silva & Silva, 2016; Delgado et al., 2017; Gabira et al., 2020) foram alocados nas parcelas principais e os tratamentos dos ângulos foliares médios em subparcelas em delineamento inteiramente casualizado.

Os tratamentos consistiram em quatro volumes diários de irrigação (8, 10, 12 e 14 mm) aplicados com sistema de irrigação por microaspersão aérea as 10 e as 15 h e mudas de nove espécies arbóreas tropicais com diferentes ângulos foliares médios, conforme mencionado anteriormente. Cada volume de irrigação foi distribuído aleatoriamente em dois suspensos, totalizando 8 parcelas principais. Cada canteiro recebeu duas bandejas de cada uma das nove espécies que foram alocadas aleatoriamente nas chamadas parcelas subdivididas. Cada bandeja continha 12 mudas, totalizando 1.728 mudas no experimento.

Cultivo no viveiro

O experimento foi conduzido em viveiro localizado em Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil (22° 51' 22" 'S, 48° 26' 01" O). O clima da região é Cfa (clima quente com chuvas no verão e seco no inverno, e a temperatura média no mês mais quente é superior a 22 °C), segundo a classificação climática de Köppen. Bandejas de polietileno com 288 células (68 × 34 × 5 cm, célula de 15 cm³) foram preenchidas com substrato a base de turfa esfagno, perlita e palha de arroz carbonizado (2:1:1; volume) e colocadas em casa de sombra com redução de 50% da luz. A semeadura foi realizada manualmente, colocando uma semente em cada célula da bandeja. A casa de sombra dispunha de sistema de irrigação por microaspersão aérea com vazão de 200 L h⁻¹ que foi acionado por painel elétrico por 20 segundos a cada 30 minutos das 9 as 16 h. Aos 30 dias após a semeadura, as mudas de cada espécie foram transplantadas para recipientes do tipo tubete com 92 cm³ de volume (3,7 cm de diâmetro de topo e 13 cm de altura) contendo o mesmo substrato. Em cada bandeja de polietileno (62 × 42 × 3 cm) com 108 células, a densidade era de 115 recipientes por metro quadrado.

Antes da aplicação dos volumes de irrigação, a altura média (\pm desvio padrão; cm) de cada espécie foi medida para garantir que não diferisse estatisticamente ($p < 0,05$) entre as parcelas: *Genipa americana* L. (58°) 3,4 \pm 0,9; *Magnolia ovata* (A. St.-Hil.) Spreng. (57°) 4,5 \pm 0,5; *Psidium cattleianum* Sabine (55°) 8,8 \pm 1,2; *Moquiniastrum polymorphum* (Less.) G. Sancho (42°) 4,8 \pm 1,2; *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (38°) 13,3 \pm 1,3; *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (31°) 7,9 \pm 1,0; *Guazuma ulmifolia* Lam. (-14°) 9,6 \pm 1,0; *Heliocarpus popayanensis* Kunth (-54°) 11,7 \pm 1,6 e; *Croton floribundus* Spreng. (-56°) 5,0 \pm 0,8.

Para iniciar a aplicação dos volumes de irrigação, as bandejas foram distribuídas aleatoriamente em canteiros suspensos e cobertos com plástico difusor de luz, mantendo as mudas cobertas para evitar a interferência da chuva. O sistema de irrigação por microaspersão superior foi ativado por painel elétrico para fornecer o volume de água especificado para cada

tratamento. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942) e a uniformidade de distribuição (Merriam & Keller, 1978) desse sistema de irrigação foram 90,2% e 85,8%, respectivamente.

Quando os tratamentos de volume de irrigação começaram, a fertilização também foi iniciada. As mudas de todos os tratamentos receberam 4 mm de solução nutritiva duas vezes por semana por meio de sistema de ferti-irrigação por microaspersão. A solução nutritiva era composta de fosfato de monoamônio purificado, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de 295; 8; 200; 160; 38 e 52 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, e solução de micronutrientes de ácido bórico, molibdato de sódio e sulfato de manganês, zinco, cobre e ferro em concentrações de 4,6; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3 e 25 mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

Em todos os tratamentos, na fase de rustificação, a fertilização foi aplicada por 30 dias, e as mudas receberam 4 mm de solução nutritiva duas vezes por semana, via sistema de ferti-irrigação por microaspersão aérea. A solução de rustificação tinha concentração de 700 mg L⁻¹ de K (cloreto de potássio), enquanto os micronutrientes eram mantidos no mesmo nível mencionado anteriormente. Conforme esperado, devido aos diferentes padrões de desenvolvimento das espécies, especificamente aos ritmos de agregação do sistema radicular no substrato, o ciclo de produção do viveiro variou entre as espécies. Assim, o ciclo de produção em viveiro de *Magnolia ovata* (A.St.-Hil.) Spreng. (57°), *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (31°) e *Croton floribundus* Spreng. (-56°) foi de 150 dias; de *Guazuma ulmifolia* Lam. (-14°) e *Genipa americana* L. (58°) 120 dias; para *Psidium cattleianum* Sabine (55°), *Moquiniastrium polymorphum* (Less.) G. Sancho (42°), *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (38°) e *Heliconia popayanensis* Kunth (-54°) 90 dias.

Avaliações

Para verificar como os ângulos foliares médios afetaram a captura da água de irrigação em diferentes volumes de irrigação e como isso afetou o crescimento das mudas, as seguintes variáveis foram avaliadas ao final do ciclo de produção: altura, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total, Índice de qualidade de Dickson e área de projeção da copa e fração de lixiviação.

A altura e o diâmetro do colo de cada espécie foram medidos em 48 mudas por volume de irrigação. A altura foi medida da base do caule até a gema apical. O diâmetro do colo foi medido no colo da raiz. A massa seca da parte aérea foi medida seccionando as mudas próximas ao substrato, dividindo-as em duas partes. As raízes foram lavadas com água sobre peneira. As raízes e a parte aérea foram secas até a massa constante em estufa a 70 °C e, a seguir, pesadas em balança eletrônica de precisão M3102 (BEL Engineering®, Piracicaba, São Paulo, Brasil). A massa seca total foi determinada pela combinação da massa seca da parte aérea e da raiz. Para cada espécie, essas variáveis foram avaliadas em 20 mudas por volume de irrigação. O índice de qualidade de Dickson (Dickson et al., 1960) foi determinado nas mesmas mudas usadas para obter massa seca de acordo com a seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{D} + \frac{MSA}{MSR}},$$

onde IQD é o índice de qualidade Dickson, MST (g) é a massa seca total, H (cm) é a altura, D (mm) é o diâmetro do colo, MSA (g) é a massa seca aérea e MSR (g) é massa seca radicular.

A área de projeção da copa foi medida para cada espécie em 8 mudas por volume de irrigação. De acordo com Wink et al. (2012), dois diâmetros de copa foram medidos seguindo a orientação norte-sul x oeste-leste com régua milimetrada para determinar o diâmetro médio da copa. Assim, a área de projeção da copa foi determinada de acordo com a seguinte fórmula:

$$APC = \frac{\pi}{4} \cdot dcm^2,$$

onde APC (cm²) é a área de projeção da copa e dcm (cm) é o diâmetro da copa médio.

A fração de lixiviação (%) foi medida ao final do ciclo de produção para cada espécie em 8 mudas por volume de irrigação. De acordo com Lea-Cox et al. (2001), a fração de lixiviação é definida como a quantidade de água e nutrientes (solução) que escorre do fundo do recipiente dividido pela quantidade total de solução aplicada no recipiente. Para quantificar a solução que escorre do fundo do recipiente, sacos plásticos foram presos com elásticos. A solução total aplicada ao recipiente foi quantificada por meio da soma da quantidade de solução retida no substrato após a irrigação somada à solução que escorreu pelo fundo do recipiente. Para quantificar a quantidade de solução retida no substrato, a massa de todo o conjunto recipiente + muda + saco plástico foi pesada antes e após cada irrigação. Todas as massas foram medidas em balança eletrônica de precisão M3102 (BEL Engineering®, Piracicaba, São Paulo, Brasil).

Análise de dados

Os dados de crescimento e fração de lixiviação foram submetidos à análise multivariada de componentes principais (PCA). Os critérios de autovalores foram usados para definir o número de componentes principais usados na redução da dimensionalidade. Apenas os componentes que apresentaram autovalores maiores que 1, em valor absoluto, foram considerados significativos (Hair Jr. et al., 2009) para realizar a análise de variância. Além dessas variáveis, a área de projeção da copa foi utilizada na discussão dos resultados.

A análise de variância foi realizada sobre os principais efeitos do volume de irrigação e do ângulo foliar médio, bem como sua interação. A normalidade foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram analisados por meio do teste de Scott-Knott para comparar os tratamentos ($p < 0,05$). A análise dos dados foi realizada com o pacote do software STATISTICA versão 8.0.

Resultados

As três componentes principais da PCA [PC1 (eixo x), PC2 (eixo y) e PC3 (eixo z)] a partir das variáveis de crescimento e fração de lixiviação foram responsável por 90% da variância total.

As variáveis que distinguiram os grupos de resposta foram massa seca total (PC1), fração de lixiviação (PC2) e altura (PC3).

Para a primeira e a segunda componente principal (eixos x e y), observamos a formação de quatro grupos de resposta. Dois grupos superiores e dois grupos inferiores foram diferenciados pela variável fração de lixiviação. Nos grupos superiores, as espécies com ângulos foliares -56° e -14° estavam mais distantes da espécie com ângulo -54° . Nos grupos inferiores, as espécies com ângulos 31° , 38° , 42° , 55° e 57° estavam distantes da espécie com ângulo 58° .

Na análise de variância, o ângulo foliar e o volume de irrigação interagiram significativamente para afetar a fração de lixiviação ($p < 0,05$). Para todos os ângulos foliares médios, o aumento do volume de irrigação aumentou a fração de lixiviação em diferentes níveis. As espécies com ângulos -56° , -54° e -14° apresentaram menores frações de lixiviação em todos os volumes de irrigação, confirmando o agrupamento realizado pela análise das componentes principais. Em espécies com ângulos 31° , 38° , 42° , 55° , 57° e 58° , a fração de lixiviação foi maior em todos os volumes de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito da interação entre ângulo foliar médio e os volumes de irrigação sobre a fração de lixiviação (%) das mudas (média \pm desvio padrão)¹.

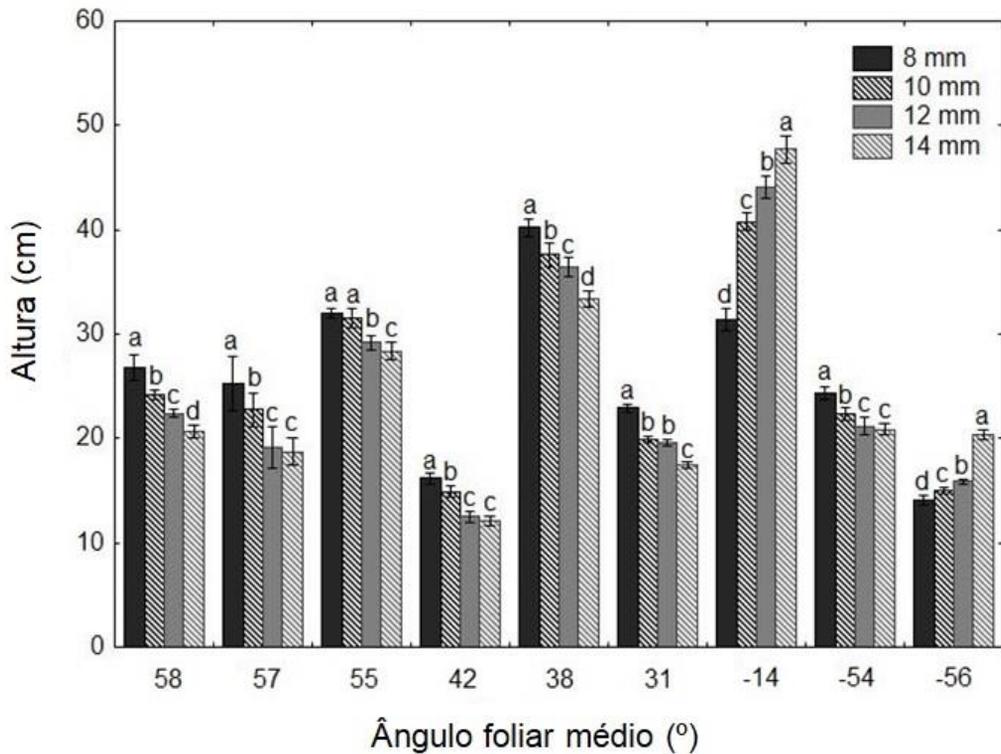
Ângulo foliar médio ($^\circ$)	Volumes de irrigação (mm)			
	8	10	12	14
58	40,9 \pm 2,8 Ed	62,5 \pm 2,1 Cc	66,7 \pm 4,3 Cb	72,7 \pm 3,2 Da
57	46,7 \pm 2,8 Dd	54,1 \pm 2,4 Dc	74,5 \pm 3,1 Bb	81,6 \pm 2,6 Ba
55	44,8 \pm 3,3 Dd	60,3 \pm 1,2 Cc	62,8 \pm 1,3 Db	73,1 \pm 1,8 Da
42	57,4 \pm 2,0 Cc	71,9 \pm 1,4 Bb	73,1 \pm 1,3 Bb	78,7 \pm 2,9 Ca
38	61,0 \pm 2,5 Bd	72,4 \pm 1,5 Bc	74,8 \pm 1,5 Bb	83,8 \pm 0,8 Ba
31	75,9 \pm 1,7 Ac	82,0 \pm 1,7 Ab	87,7 \pm 2,3 Aa	88,5 \pm 1,7 Aa
-14	6,3 \pm 2,9 Gd	11,1 \pm 2,9 Fc	17,8 \pm 2,3 Gb	40,9 \pm 3,6 Fa
-54	8,6 \pm 2,8 Fd	27,3 \pm 3,2 Ec	43,2 \pm 4,0 Eb	54,6 \pm 2,5 Ea
-56	2,1 \pm 1,7 Hd	12,7 \pm 3,5 Fc	27,8 \pm 2,7 Fb	40,0 \pm 4,7 Fa

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Desenvolvido pelos próprios autores.

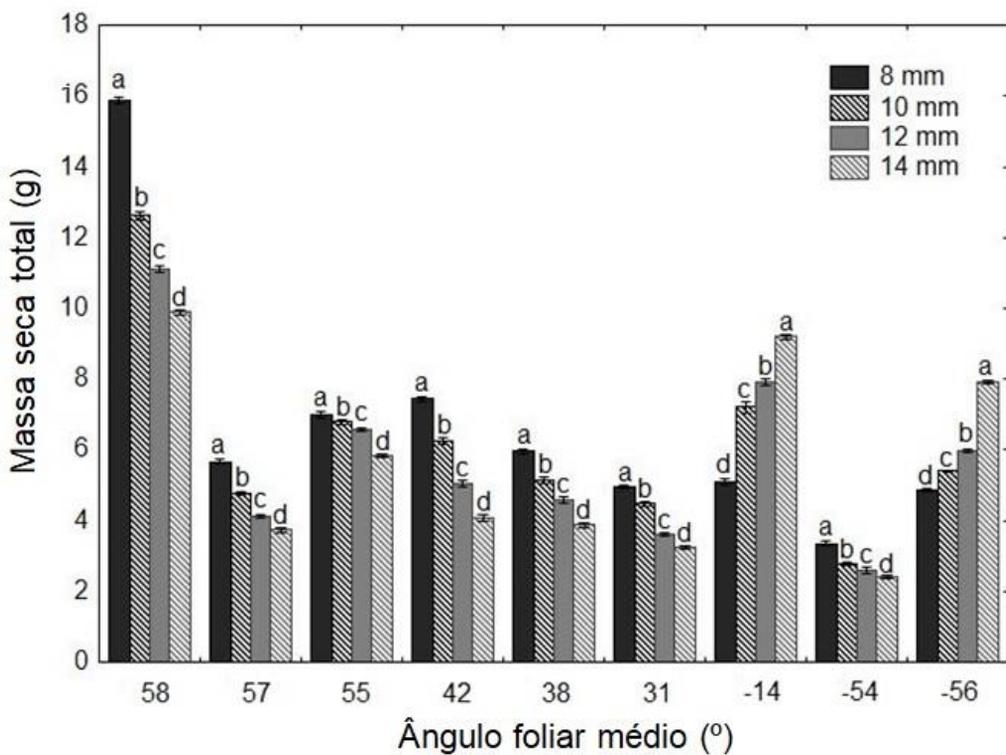
Para cada ângulo foliar médio, o volume de irrigação afetou significativamente a altura e a massa seca total ($p < 0,05$). Nas espécies com ângulos -54° , 31° , 38° , 42° , 55° , 57° e 58° , o aumento no volume de irrigação reduziu os valores de massa seca total e altura em diferentes níveis. Nas espécies com ângulos -56° e -14° , o volume de irrigação 14 mm foi necessário para produzir maior massa seca total e altura (Figuras 1 e 2).

Figura 1. Efeito dos volumes de irrigação para cada ângulo foliar médio sobre a altura (cm) das mudas. Em cada ângulo foliar médio, médias com a mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Barras de erro indicam o erro padrão.



Fonte: Desenvolvido pelos próprios autores.

Figura 2. Efeito dos volumes de irrigação para cada ângulo foliar médio sobre a massa seca total (g) das mudas. Em cada ângulo foliar médio, médias com a mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Barras de erro indicam o erro padrão.



Fonte: Desenvolvido pelos próprios autores.

Comparadas às espécies com ângulos foliares médios positivos, as espécies com ângulos -56, -54 e -14° apresentaram as menores frações de lixiviação, no entanto, os volumes de

irrigação aplicados nessas espécies promoveram resultados de crescimento diferentes entre si. Em espécies com ângulos -56 e -14° , o aumento do volume de irrigação aumentou a massa seca total e a altura, enquanto a espécie *Heliocarpus popayanensis* Kunth (-54°) apresentou resposta oposta (Figuras 1 e 2).

O ângulo foliar e o volume de irrigação interagiram significativamente na variável área de projeção da copa ($p < 0,05$). Em espécies com ângulos -54 , 31 , 38 , 42 , 55 , 57 e 58° , o aumento no volume de irrigação reduziu a área de projeção da copa. É importante destacar que a espécie *Heliocarpus popayanensis* Kunth (-54°) apresentou a menor área de projeção de copa dentre todas as espécies. Em espécies com ângulos -56 e -14° , o volume de irrigação 14 mm foi necessário para produzir maior área de projeção da copa (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da interação entre ângulo foliar médio e os volumes de irrigação sobre a área de projeção da copa (cm^2) das mudas (média \pm desvio padrão)¹.

Ângulo foliar médio ($^\circ$)	Volumes de irrigação (mm)			
	8	10	12	14
58	1060,1 \pm 8,1 Aa	849,0 \pm 8,4 Ab	741,7 \pm 5,6 Ac	622,1 \pm 4,7 Ad
57	473,9 \pm 2,2 Ca	419,6 \pm 2,7 Bb	266,7 \pm 4,7 Dc	167,8 \pm 4,3 Dd
55	108,9 \pm 4,4 Ga	91,6 \pm 5,4 Gb	74,5 \pm 2,9 Hc	68,8 \pm 2,4 Gd
42	242,6 \pm 2,9 Ea	210,4 \pm 5,8 Eb	153,3 \pm 3,1 Ec	112,3 \pm 3,5 Ed
38	172,0 \pm 5,2 Fa	139,3 \pm 4,0 Fb	121,3 \pm 5,2 Fc	89,4 \pm 5,3 Fd
31	515,8 \pm 4,1 Ba	408,9 \pm 3,5 Cb	306,8 \pm 3,8 Cc	265,0 \pm 4,1 Cd
-14	366,1 \pm 3,6 Dd	387,3 \pm 4,1 Dc	423,3 \pm 3,8 Bb	574,7 \pm 4,3 Ba
-54	60,1 \pm 3,9 Ia	43,0 \pm 3,4 Ib	34,6 \pm 3,6 Ic	26,1 \pm 2,7 Hd
-56	75,3 \pm 2,6 Hd	82,0 \pm 2,6 Hc	91,2 \pm 4,7 Gb	123,9 \pm 3,6 Ea

¹ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: Desenvolvido pelos próprios autores.

Discussão

Em nosso estudo, demonstramos como os ângulos foliares médios afetam a captura da água de irrigação em diferentes volumes de irrigação e como isso afeta a lixiviação e o crescimento das mudas de espécies arbóreas. Para espécies com ângulos foliares médios -54 , 31 , 38 , 42 , 55 , 57 e 58° , a aplicação do volume de irrigação 8 mm foi suficiente para produzir maior crescimento, representado pelas variáveis massa seca total e altura (Figuras 1 e 2) e menos lixiviação (Tabela 1). Além disso, nas espécies com ângulos foliares médios positivos, o tamanho da área de projeção da copa contribuiu para a captação de água de irrigação (Tabela 2). De acordo com Grossnickle & MacDonald (2018), uma relação positiva entre a altura inicial da muda e o crescimento em altura subsequente foi relatada em 70% dos estudos. A maior altura é benéfica em locais com plantas daninhas devido à melhoria da capacidade competitiva.

Para espécies com ângulos foliares médios -54 , 31 , 38 , 42 , 55 , 57 e 58° , maiores volumes de irrigação aumentaram a captura e deposição de água no substrato; entretanto, nestes casos, isso é indesejável devido à baixa capacidade de armazenamento nos recipientes do tipo tubete

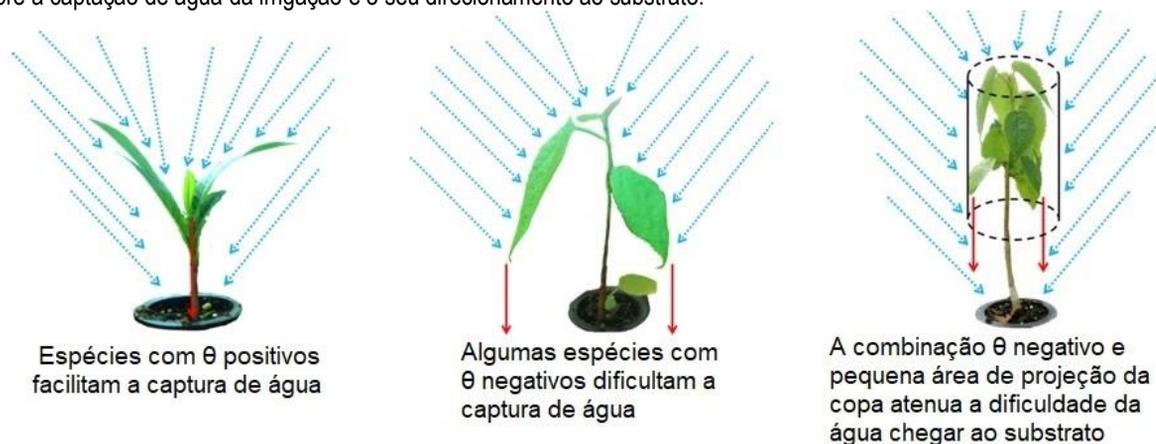
(92 cm³). Mesmo que o substrato tenha excelentes propriedades de retenção, a proteção contra o excesso hídrico é pequena, causando desperdício de água e nutrientes. Quantidades excessivas de irrigação podem resultar na lixiviação de nutrientes, aumentando a probabilidade de degradação das águas superficiais e subterrâneas. Através do monitoramento do conteúdo de água do substrato, economias substanciais de água de irrigação podem ser alcançadas sem afetar adversamente o crescimento e a qualidade das mudas (Stowe et al., 2010). As diferenças na capacidade de armazenamento de água na copa podem ser explicadas pela orientação das folhas das espécies arbóreas. Quando as folhas ficam mais paralelas à superfície, promovem maior retenção de água. Em contrapartida, quando as folhas estão orientadas mais perpendicularmente à superfície, auxiliam no derramamento de água (Attarod et al., 2015) para o substrato ou fora dele. Silva & Silva (2016) relataram que a deposição da água de irrigação no substrato aplicada por microaspersores aéreos estava relacionada às variáveis de crescimento das mudas, principalmente à altura e à massa seca aérea.

Ao contrário das outras espécies com ângulos foliares médios negativos, as mudas da espécie *Heliocarpus popayanensis* Kunth (-54°) não necessitaram de grandes volumes de irrigação para aumentar seu crescimento (Figuras 1 e 2). Isso ocorreu porque esta espécie apresentou a menor área de projeção da copa dentre todas as espécies (Tabela 2), o que atenuou a dificuldade da água de irrigação atingir a superfície do substrato. De acordo com (Attarod et al., 2015), a capacidade de armazenamento da água na copa das espécies, além do efeito do ângulo foliar médio, deve-se às diferenças no tamanho da folha, índice de área foliar, textura da folha e hidrofobicidade das superfícies das folhas e caule.

Para espécies com ângulos -56 e -14°, a captura da água de irrigação e o direcionamento para o substrato foi mais difícil e o volume de irrigação 14 mm foi necessário para produzir maior massa seca total e altura (Figuras 1 e 2). Além disso, as áreas de projeção da copa dessas espécies dificultaram a chegada da água ao substrato (Tabela 2). Isso mostra que quando os ângulos foliares médios dificultam a chegada da água à superfície do substrato, principalmente em menores volumes de irrigação, a absorção de água e nutrientes diminui e, conseqüentemente, reduz-se o crescimento das mudas. Para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos, o ideal seria que não houvesse fração de lixiviação, no entanto, isso não sugere devamos simplesmente reduzir o volume de irrigação. Se pequenos volumes de água forem aplicados para eliminar a lixiviação, sem considerar a manutenção de água adequada no recipiente, o crescimento também será reduzido (Warren & Bilderback, 2010).

Em resumo, a partir do conhecimento demonstrado aqui sobre o impacto dos ângulos foliares médios na captura da água de irrigação em diferentes volumes de irrigação, lixiviação e crescimento de mudas de espécies arbóreas, o ângulo foliar médio e a área de projeção da copa podem ser usados como novos critérios para agrupamento das espécies em viveiros florestais com sistemas de microaspersão aérea. Esse agrupamento pode melhorar a eficiência da irrigação, evitando o desperdício de água e nutrientes e aumentar o crescimento e a qualidade das mudas (Figura 3).

Figura 3. Esquema para demonstrar os efeitos dos ângulos foliares médios (θ) e das áreas de projeção da copa sobre a captação de água da irrigação e o seu direcionamento ao substrato.



Fonte: Desenvolvido pelos próprios autores.

Considerações Finais

Este estudo demonstra que mudas de espécies arbóreas com ângulos foliares médios positivos facilitam a captura da água de irrigação e o direcionamento dela até o substrato em sistemas de microaspersão aéreos; portanto, a aplicação de um volume de irrigação menor (8 mm) resulta em menor lixiviação e maior crescimento.

Por outro lado, algumas espécies arbóreas com ângulos foliares médios negativos dificultam a captação da água de irrigação e o direcionamento dela até o substrato; assim, para promover maior crescimento, é necessário compensar a água não capturada aplicando maior volume de irrigação (14 mm) às mudas.

Quando a espécie tem ângulo foliar médio negativo, mas sua área de projeção da copa é pequena, a dificuldade da água atingir diretamente o substrato é atenuada e menores volumes de irrigação são suficientes para produzir maior crescimento.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento desta pesquisa (Processo nº 2013/17447-8).

Referências

Ahmed, A.K.M.; Jiang, L.; Wang, F.; Chen, S.; Zhou, X.; Pei, X.; Zhao, X.; Qu, G. Variation analysis of growth traits of four poplar clones under different water and fertilizer management. **J. For. Res.** 2020, 31, 45–55, Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11676-019-00888-y>.

Attarod, P.; Sadeghi, S.M.M.; Pypker, T.G.; Bagheri, H.; Bagheri, M.; Bayramzadeh, V. Needle-leaved trees impacts on rainfall interception and canopy storage capacity in an arid environment. **New For.** 2015, 46, 339–355, Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11056-014-9464-2>.

Augusto, D.C.C.; Guerrini, I.A.; Engel, V.L.; Rousseau, G.X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Rev. Árvore** 2007, 31, 745–751, Disponível em: <http://doi.org/10.1590/S0100-67622007000400020>.

Christiansen, J.E. **Irrigation by sprinkling**; Bulletin 6.; University of California: Berkeley, 1942; pp. 124.

Delgado, L.G.M.; Silva, R.B.G. da; Silva, M.R. Qualidade morfológica de mudas de Ingá sob diferentes manejos hídricos. **IRRIGA** 2017, 22, 420–429, Disponível em: <http://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p420-429>.

Dickson, A.; Leaf, A.L.; Hosner, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **For. Chron.** 1960, 36, 10–13, Disponível em: <http://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

Falster, D.S.; Westoby, M. Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? **New Phytol.** 2003, 158, 509–525, Disponível em: <http://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00765.x>.

Fulcher, A.; LeBude, A. V.; Owen, J.S.; White, S.A.; Beeson, R.C. The next ten years: strategic vision of water resources for nursery producers. **Horttechnology** 2016, 26, 121–132, Disponível em: <http://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.2.121>.

Gabira, M.M.; Da Silva, R.B.G.; Mateus, C.D.M.D.; Villas Boas, R.L.; Da Silva, M.R. Effects of water management and composted sewage sludge substrates on the growth and quality of clonal Eucalyptus seedlings. **FLORESTA** 2020, 50, 1307, Disponível em: <http://doi.org/10.5380/ufv50i2.62952>.

Grossnickle, S.C.; MacDonald, J.E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New For.** 2018, 49, 1–34, Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11056-017-9606-4>.

Hair Jr, J.F.; Black, W.C.; Babin, B.J.; Anderson, R.E. **Análise multivariada de dados**; Bookman: Porto Alegre, 2009; pp. 688.

Irmak, S.; Haman, D.Z.; Yeager, T.H.; Larsen, C. Seasonal irrigation water use efficiency of multi-pot box system. **J. Environ. Hortic.** 2001, 19, 4–10, Disponível em: <http://doi.org/10.24266/0738-2898-19.1.4>.

Lea-Cox, J.D.; Ross, D.S.; Tefteau, K.M. A water and nutrient management planning process for container nursery and greenhouse production systems in Maryland. **J. Environ. Hortic.** 2001, 19, 230–236, Disponível em: <http://doi.org/10.24266/0738-2898-19.4.230>.

Mathers, H.M.; Case, L.T.; Yeager, T.H. Improving irrigation water use in container nurseries. **Horttechnology** 2005, 15, 8–12, Disponível em: <http://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.1.0008>.

Merriam, J.L.; Keller, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**; Utah State University.: Logan, Utah 84321, 1978; pp. 271.

Reinhardt, D.; Kuhlemeier, C. Plant architecture. **EMBO Rep.** 2002, 3, 846–851, Disponível em: <http://doi.org/10.1093/embo-reports/kvf177>.

Riikonen, J.; Luoranen, J. Seedling production and the field performance of seedlings. **Forests** 2018, 9, 1–4, Disponível em: <http://doi.org/10.3390/f9120740>.

Silva, R.B.G. da; Silva, M.R. da Is it possible to save water without losing quality in the Guanandi seedling production? **IRRIGA** 2016, 21, 503, Disponível em: <http://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n3p503-515>.

Silva, R.B.G. da; Silva, M.R. da; Simões, D. Substrates and controlled-release fertilizations on the quality of eucalyptus cuttings. **Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.** 2014, 18, 1124–1129, Disponível em: <http://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1124-1129>.

Stowe, D.C.; Lamhamedi, M.S.; Carles, S.; Fecteau, B.; Margolis, H.A.; Renaud, M.; Bernier, P.Y. Managing irrigation to reduce nutrient leaching in containerized white spruce seedling production. **New For.** 2010, 40, 185–204, Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11056-010-9193-0>.

Tawegoum, R.; Leroy, F.; Sintès, G.; Chassériaux, G. Forecasting hourly evapotranspiration for triggering irrigation in nurseries. **Biosyst. Eng.** 2015, 129, 237–247, Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.10.011>.

van Iersel, M.W.; Chappell, M.; Lea-Cox, J.D. Sensors for improved efficiency of irrigation in greenhouse and nursery production. **Horttechnology** 2013, 23, 735–746, Disponível em: <http://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.6.735>.

Zapata, N.; Robles, O.; Playán, E.; Paniagua, P.; Romano, C.; Salvador, R.; Montoya, F. Low-pressure sprinkler irrigation in maize: differences in water distribution above and below the crop canopy. **Agric. Water Manag.** 2018, 203, 353–365, Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.03.025>.

Zhou, Z.; Plauborg, F.; Parsons, D.; Andersen, M.N. Potato canopy growth, yield and soil water dynamics under different irrigation systems. **Agric. Water Manag.** 2018, 202, 9–18, Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.009>.

Warren, S.L.; Bilderback, T.E. More plant per gallon: getting more out of your water. **Horttechnology** 2005, 15, 14–18, Disponível em: <http://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.1.0014>.

Wink, C.; Monteiro, J.S.; Reinert, D.J.; Liberalesso, E.E. Parâmetros da copa e a sua relação com o diâmetro e altura das árvores de eucalipto em diferentes idades. **Sci. For.** 2012, 40, 57–67, Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr93/cap06.pdf>

Yeager, T.; Million, J.; Larsen, C.; Stamps, B. Florida nursery best management practices: past, present, and future. **Horttechnology** 2010, 20, 82–88, Disponível em: <http://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.1.82>.

CAPÍTULO 8

OTIMIZAÇÃO DO CUSTO DE PILARES RETANGULARES SUBMETIDOS À FLEXO-COMPRESSÃO RETA

Diego Faro Alves¹
Ícaro Augusto Andrade Nascimento²
João Ricardo Machado Alves³
Luiz Eduardo de Oliveira Carvalho⁴
Matheus Lopes Peres⁵

Resumo

A elaboração de projetos estruturais é uma das áreas de atuação de um engenheiro civil no exercício de sua função, objetivando uma boa resistência da estrutura com o menor custo possível. No presente artigo, deu-se foco no dimensionamento de pilares, buscando aperfeiçoá-lo de forma a reduzir custos e a utilizar o máximo das propriedades físicas do concreto e do aço. Tomando-se a NBR 6118/2014 como base de dimensionamento, utilizou-se o plug-in de teste de hipóteses do Microsoft Excel “Solver” para criar uma planilha automática, onde após inserção alguns parâmetros de dimensionamento, é feito todo o cálculo dos esforços e resistências da seção do pilar adotada e, a partir disto, é calculada pelo “Solver” a combinação ótima, obtendo-se assim o melhor custo-benefício possível para o caso especificado. Por fim, é gerado um relatório com todas informações detalhadas do processo de cálculo e da solução ótima adotada.

Palavras-chave: Pilares. Otimização. Dimensionamento. Excel. Solver.

Abstract

The structural design development is one of the actuation areas of a civil engineer in the exercise of his function aiming a good resistance of the structures with minimal cost possible. In present article, was gave focus on sizing of pillars looking for improve it to reduce costs and to use at maximum its physical properties of the components. Then, using the NBR 6118/2014 as basement of sizing, was used the Microsoft Excel hypothesis test plug-in “Solver” to create an automatic spreadsheet, where after insert some parametric data of sizing, all forces and resistance calculation will done to the section adopted. After, will use the Solver to calculate the best option, looking for the best cost benefit possible to this case. So, is generated a report with all detailed information about the calculation process and about the optimized solution adopted.

Keywords: Pillars. Optimization. Sizing. Excel. Solver.

1. INTRODUÇÃO

Certamente, a Engenharia Civil tem como uma de suas bases a elaboração e a concretização de estruturas eficientes que modifiquem de forma positiva a sociedade, mas para que elas sejam consolidadas, torna-se imprescindível balancear os custos e os benefícios intrínsecos a cada construção. Então, o êxito de qualquer projeto depende da prévia análise dos materiais, processos e terrenos a serem utilizados, pois, desse modo, os problemas podem ser, antecipadamente, observados e elucidados, assim, diminuindo o valor durante a realização das obras. Tais fatores fazem com que a Engenharia Civil seja um ramo repleto de complexidade que, por analisar cada obra de modo diferenciado, consegue atuar em diversos projetos, tais como: os arquitetônicos, hidráulicos, estruturais e de drenagem.

¹ Mestre em Engenharia Civil pela UFS e professor da Universidade Tiradentes. E-mail: diegofaro@gmail.com.

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: icaro79@hotmail.com.br

³ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: joaoricardo.m@outlook.com

⁴ Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: carvalholuiz.eng@gmail.com

⁵ Mestre em Engenharia Civil pela PUC-Rio. E-mail: matheuslperes@gmail.com

Sobre os projetos, conforme citado anteriormente temos diversos tipos e áreas específicas, e em nosso foco, teremos o estrutural, onde serão definidas as dimensões e as posições das vigas, dos pilares e das lajes, levando-se em consideração os carregamentos atuantes em toda a estrutura para, com isso, definir as melhores posições e as seções dos elementos estruturais. A fim de garantir uma estrutura com melhor custo benefício e mais segurança, é extremamente importante que cada vez mais tenhamos dimensionamentos mais refinados a fim de atender tanto aos requisitos de qualidade e segurança da estrutura, quanto do orçamento final do projeto.

Apesar de atualmente existirem diversas ferramentas que otimizam tanto o dimensionamento quanto o tempo de elaboração de projeto, é importante que o profissional por trás da elaboração dos projetos esteja ciente de que mesmo os softwares podem falhar.

1.1 OBJETIVO

O artigo objetiva a elaboração de uma planilha automática de teste de hipóteses que, a partir das opções escolhidas pelo usuário, consiga fornecer a melhor combinação de resistência e de custo-benefício dos materiais. Para a otimização considerou-se que a seção trabalhará entre os domínios 3 e 4.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geometria das Seções

Tal trabalho tem como foco as seções retangulares com arranjo simétrico das armaduras em relação à sua vertical, apenas submetidas a um momento fletor que resulte em flexão reta. A profundidade relativa ao topo é a variável básica de posição de qualquer ponto da seção (d_i), sendo definida por:

$$\beta_i = \frac{d_i}{h_y} \quad (1)$$

A profundidade relativa ao cobrimento das armaduras (d') é dada por:

$$\delta = \frac{d'}{h_y} \quad (2)$$

A profundidade relativa da altura da linha neutra (x) é dada por:

$$\beta_x = \frac{x}{h_y} \quad (3)$$

Onde:

h_y : altura da seção

x : altura da linha neutra

d' : Cobrimento

O usuário é responsável em informar na planilha uma das classes de agressividade ambientais definidas na NBR 6118/2014. Com base nessa informação, será considerado para o cobrimento as espessuras apresentadas na figura 1.

Figura 1 - Cobrimento nominal para estruturas de concreto, com base na classe de agressividade ambiental.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118/2014.

2.2 Trabalhos relevantes de otimização

SIAS e ALVES (2014) abordam o estudo do dimensionamento de seções transversais de pilares sujeitos à flexo compressão, através de três modelos de otimização, no qual utilizam os algoritmos da programação quadrática sequencial, o dos pontos interiores e os algoritmos genéticos. A função objetivo explicitada no trabalho é a função de custo do pilar em função da seção transversal do pilar e da área de aço. Os pesquisadores destacam que para se obter resultados assertivos no algoritmo de otimização, devem-se atentar para a quantidade de variáveis relacionadas à função objetivo, pois quanto mais simplificado o método utilizado, maior será o comprometimento dos resultados e, conseqüentemente, estará divergente do objetivo de se obter o projeto ótimo do problema dado.

ALVES et al. (2017) propõem a resolução do problema de otimização para pilares esbeltos de concreto armado de alta resistência, através da análise dos diagramas de interação momento-força normal-curvatura ($M, N, 1/r$). Desse modo, foi utilizado o método de pontos interiores, com auxílio da plataforma do Matlab. Os resultados obtidos dos dimensionamentos foram comparados com o software TQS, para análise dos efeitos de segunda ordem atuantes nos pilares. Os autores ressaltam a importância da análise mais criteriosa da curvatura, pois a utilização do método aproximado, aliado a maiores comprimentos equivalentes, pode impossibilitar a utilização da seção do concreto, ou o aumento considerável da área de aço da seção do pilar.

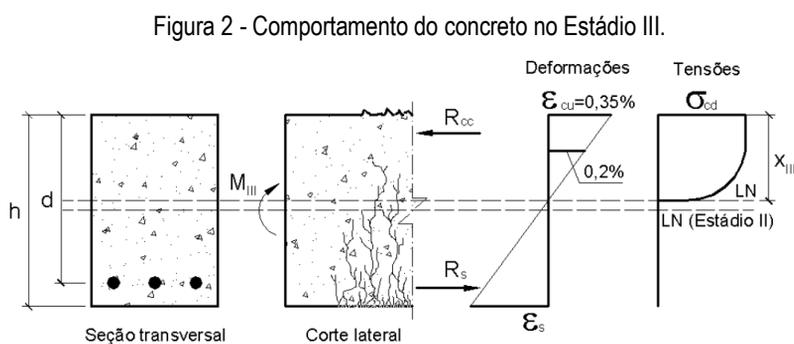
DANTAS (2018) desenvolveu um programa computacional para verificação de pilares de concreto armado. Para isto, foi desenvolvida uma planilha no Microsoft Excel, para resolução dos problemas de flexão composta oblíqua e dos esforços de segunda ordem local em pilares biapoiados de concreto armado. O autor comparou os resultados obtidos através dos métodos tradicionais de dimensionamentos e dos diagramas de interação, com os softwares disponíveis no

mercado. A partir da análise feita, concluiu que os métodos que utilizam os diagramas de momento-curvatura para avaliar a não-linearidade física, tendem a ser mais precisos, resultando em dimensionamentos mais econômicos.

CRESCÊNCIO e CASTRO (2019) tratam do dimensionamento de pilares de canto, de extremidade e intermediário. Para automatização dos cálculos desenvolvidos no trabalho, foi utilizado uma planilha eletrônica, através do método do padrão com curvatura aproximada. O trabalho apresenta algumas limitações, uma vez que o programa desenvolvido não trata dos efeitos de fluência, no processo de dimensionamento, limitando-se assim, o índice de esbeltez do elemento.

2.3 Considerações para o estado limite último

Para o estado limite último (ELU) do concreto, emprega-se o diagrama tensão-deformação idealizado, que no concreto está representado, através modelo parábola-retângulo como na figura 2 a seguir:



Fonte: Pinheiro, 2007.

A NBR 6118/2014, permite que, para efeito de cálculo, em vez de usar o diagrama parábola-retângulo (Figura 2), seja usado um diagrama retangular equivalente. Esse diagrama pode ser substituído pelo retângulo de profundidade $y = \lambda \cdot x$ $y = \lambda \cdot x$, onde o valor do parâmetro λ pode ser tomado igual a:

$$\lambda = 0,8, \quad \text{para} \quad f_{ck} \leq 50 \quad \text{MPa}; \quad (4.1)$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400, \quad \text{para} \quad f_{ck} > 50 \quad \text{Mpa} \quad (4.2)$$

A tensão constante atuante até a profundidade y pode ser dada por:

- $\alpha_c \cdot f_{cd}$ $\alpha_c \cdot f_{cd}$, no caso da largura da seção, medida paralelamente à linha neutra, não diminuir a partir desta para a borda comprimida; (5)

- $0,9 \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}$ $0,9 \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}$, no caso contrário. (6)

Onde:

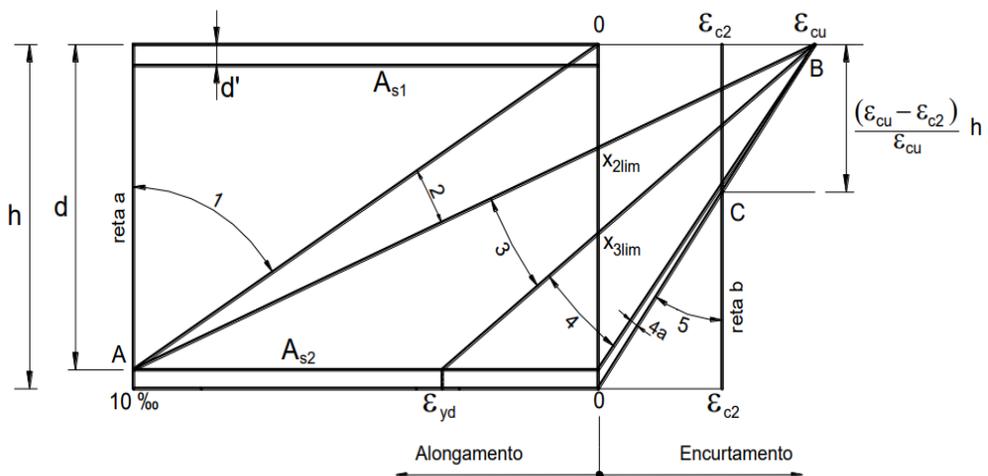
- $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$, $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$ γ_c é o coeficiente de ponderação do concreto no ELU, em combinações normais de ação, de valor 1,4 (6.1)
- $\alpha_c = 0,85$ $\alpha_c = 0,85$, para concretos de classes até C50; (7.1)
- $\alpha_c = 0,85 \cdot [1,0 - (f_{ck} - 50) / 200]$ $\alpha_c = 0,85 \cdot [1,0 - (f_{ck} - 50) / 200]$ para concretos de C50 até C90. (7.2)

Nesse modelo, ε_{c2} é a deformação específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico e ε_{cu} é a deformação específica de encurtamento do concreto na ruptura. Segundo a norma NBR 6118/2014, para concretos de classes até CA-50, pode-se adotar os valores de $\varepsilon_{c2} = 2,0 \text{ ‰}$ e $\varepsilon_{cu} = 3,5 \text{ ‰}$.

2.4 Domínios de Deformação

Segundo Bastos (2020), os domínios são representações das distribuições das deformações que ocorrem nas seções transversais dos elementos lineares, quando submetidas aos carregamentos, e podem ser classificados em seis diferentes tipos (Figura 3), são eles: domínios 1, 2, 3, 4, 4a e 5.

Figura 3 - Domínios de deformação.



Fonte: Bastos, 2020.

Ainda conforme Bastos (2020), as deformações podem ser definidas como de alongamento e encurtamento, derivadas dos carregamentos de tração e compressão respectivamente. As formas de ruptura convencionais podem ocorrer por deformação plástica do aço sob tensões de tração (reta "a", domínio 1 ou domínio 2), ou por atingir o encurtamento limite do concreto (reta "b", domínios 3, 4, 4a ou 5).

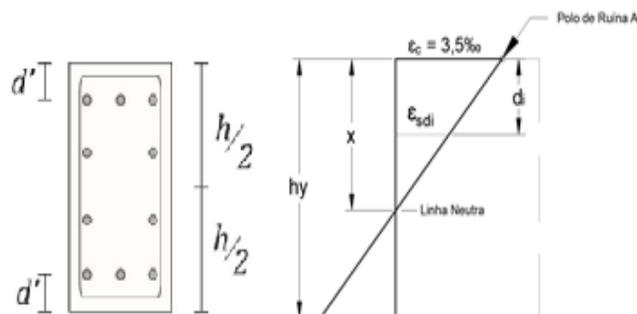
Os casos de solicitação do domínio 3, serão os de flexão simples ou os de tração ou compressão com grande excentricidade. A seção transversal possuirá uma parte tracionada e outra parte comprimida, e terá o estado-limite último, desta vez, caracterizado pela deformação de

encurtamento fixa na borda superior da seção, ou seja, $\epsilon_{cu} = 3,5\%$. Nessas condições, a seção é denominada subarmada. Tanto o concreto como o aço trabalham com suas resistências de cálculo. Portanto, há o aproveitamento máximo dos dois materiais. A ruína ocorre com aviso, pois a peça apresenta deslocamentos visíveis e intensa fissuração (PINHEIRO, 2007).

Ainda conforme Pinheiro (2007), para o domínio 4, permanece-se a deformação do concreto em seu estado último na borda comprimida e a deformação no aço variando entre a ϵ_{yd} e 0. Em outras palavras, o concreto atingiu o seu máximo, porém o aço não, então é uma situação de mal aproveitamento, onde a armadura se encontra superarmada.

Sendo assim, aplicando o princípio do diagrama de tensão-deformação, pode-se determinar a equação das deformações, válidas somente para os domínios 3 e 4.

Figura 4 - Diagrama de deformação na seção genérica no ELU



Fonte: Adaptado de PINTO, 2017, p. 277.

Segundo Bendô (2011, APUD SANTOS, 1994), as deformações variam linearmente (Figura 4), permitindo, assim, empregar a semelhança de triângulos para obter a deformação nas fibras, conforme a Hipótese de Navier-Bernoulli:

$$\frac{\epsilon_c}{x} = \frac{\epsilon_{sdi}}{x - di} \qquad \frac{\epsilon_c}{x} = \frac{\epsilon_{sd}}{x - di}$$

(8)

Vale ressaltar que, para simplificar os cálculos, as deformações aqui calculadas serão todas em relação a um mesmo ponto, independente de qual domínio esteja a seção. Neste trabalho, o ponto considerado será no topo da seção transversal (zona mais comprimida). Substituindo na expressão de ϵ_{sdi} os parâmetros adimensionais, anteriormente, definidos, a deformação pode ser expressa na seguinte forma:

$$\epsilon_s = 3,5 \frac{\beta x - Bi}{\beta x} \qquad (9)$$

Ainda conforme Bendô (2011, APUD SANTOS, 1994) as parcelas do esforço normal e do momento fletor resistidas pelo concreto ficam determinadas, quando se obtêm a resultante das tensões no concreto (R_{cc}) e seu ponto de aplicação em relação à fibra mais comprimida, enquanto que, para o aço, basta calcular as deformações em cada uma barra das camadas superiores e inferiores, onde, a partir destas deformações, pode-se obter a resultante das tensões nas barras (σ'_{sup} e σ'_{inf}).

As equações referentes ao momento fletor e esforço normal surgem da análise do equilíbrio estático que ocorrem na seção. Desse modo, realizando o somatório de forças normais, tem-se:

$$\sum F = 0 \quad (10)$$

$$N_d = R_{cc} - R_s + R'_s N_d = R_{cc} - R_s + R'_s \quad (11)$$

Logo, a força normal resistente pode ser definida como:

$$N_d = 0,68 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s,min}(\sigma'_{sup} - \sigma'_{inf}) \quad (12)$$

Realizando-se o somatório de momentos fletores no centro da peça ($h/2$), tem-se:

$$\sum M_{h/2} = 0 \quad (13)$$

$$M_d = 0,68 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} (h/2 - 0,4x) + A_{s,min}(\sigma'_{sup} + \sigma'_{inf}) (h/2 - d') \quad (14)$$

Substituindo a área de aço determinada (12), encontra-se a área de aço correspondente a cada barra da seção do pilar através da seguinte equação:

$$A_{s,barra} = \frac{A_{s,min}}{N^\circ \text{ Barras}} A_{s,barra} = \frac{A_{s,min}}{N^\circ \text{ Barras}} \quad (15)$$

O diâmetro real da barra ϕ é dado por :

$$\phi = \sqrt{\frac{A_{s,barra} \times 4}{\pi}} \quad (16)$$

E a área de aço real por camada $A_s : A_s$:

$$A_s = N^\circ \text{ Barras} \times A_{s,barra} \quad (17)$$

3. METODOLOGIA

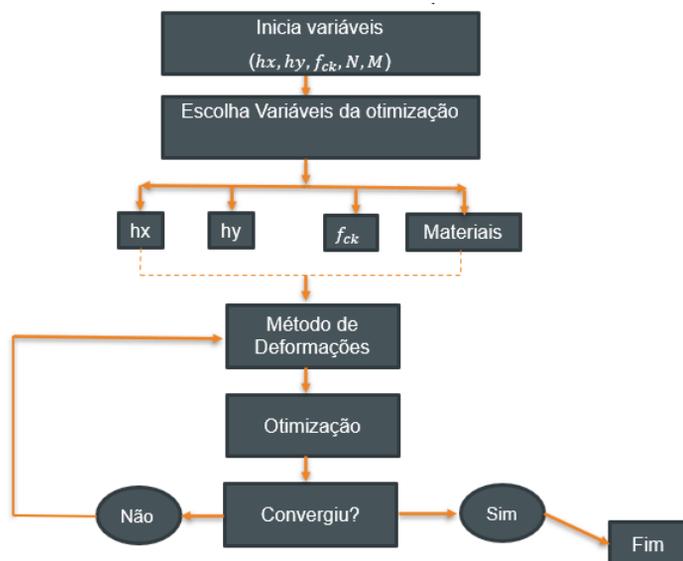
3.1 Formulação da Otimização do Custo

Para a resolução do problema otimizado de pilares de seção retangular utilizou-se o Solver de forma automatizada através da programação feita em linguagem VBA. Utilizou-se o VBA com o objetivo de criar um formulário intuitivo, que possibilitasse a otimização rápida e prática dos pilares, facilitando o melhor entendimento dos valores encontrados, por meio do dimensionamento e, de modo, que a partir da entrada de dados fornecida pelo usuário a planilha calculasse o menor custo por metro linear de pilar.

O Solver é um suplemento do Microsoft Excel utilizado para resolver problemas de modelagem matemática. Consoante o Suporte da Microsoft (2020), através do Solver é possível determinar um valor ideal (máximo ou mínimo) para uma fórmula em uma célula, conforme restrições, ou limites, impostos pelo usuário nos valores de outras células de fórmula presentes na planilha.

Neste caso, para a análise do custo final do processo de otimização, pode-se escolher quais as células variáveis a serem utilizadas no processo de dimensionamento, sendo estas a largura (h_x), altura (h_y), resistência característica à compressão do concreto (F_{ck}), conforme o seguinte fluxograma (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma da rotina da otimização de pilares



Fonte: Produzido pelos autores.

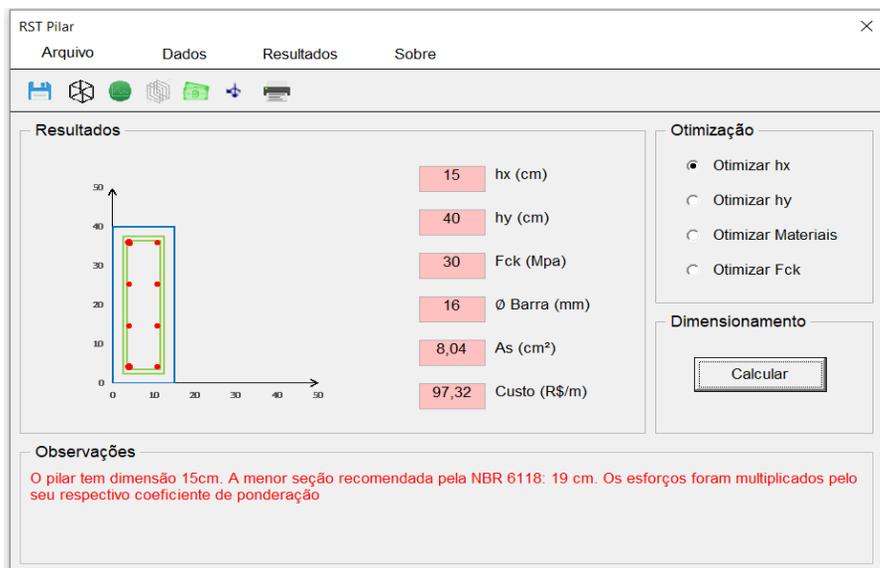
O problema de otimização se baseia em encontrar a solução ótima, ou seja, a melhor solução, para maximizar ou minimizar a função objetivo. Para o presente trabalho, definiu-se a função objetivo como sendo o custo do pilar por metro linear, que engloba o custo do concreto, do aço e das fôrmas utilizadas. Assim, a função objetivo a qual deseja-se minimizar pôde ser definida por:

$$Custo(x) = C_{conc} \times A_{conc} + C_{aço} \times Qnt_{aço} \times \rho_{aço} + C_f \times P_f \quad (19)$$

Onde, C_{conc} é o custo do concreto por unidade de volume (R\$/m³); A_{conc} é a área da seção transversal do pilar (m²); $C_{aço}$ é o custo do aço por unidade de massa (R\$/Kg); $Qnt_{aço}$ quantidade total de barras de aço presente no pilar; $\rho_{aço}$ é o peso aproximado de aço (Kg/m); C_f é o custo da forma por unidade de área (R\$/m²) e P_f é o perímetro da seção transversal do pilar (m). Vale ressaltar que os custos dos materiais foram obtidos, através do software de orçamento de obras, ORSE (2020).

A elucidação para a função objetivo determinada, por meio do método “Evolutionary”, presente na ferramenta solver, consiste em alternar sucessivamente as variáveis da otimização durante o tempo máximo de 30 segundos, até alcançar o valor mínimo da função, com base nos limites impostos pelo programa. Na interface do programa o usuário poderá conferir os resultados do dimensionamento, referentes as características dos materiais, geometria do pilar e o custo final por metro linear. Desse modo, com base nas restrições, variáveis de otimização e da função objetivo definida, pode-se obter o custo mínimo para o pilar analisado, como se pode verificar na parte dos resultados (Figura 6).

Figura 6 - Resultados da otimização do pilar.



Fonte: Produzido pelos autores.

3.2 Dados e Restrições

As restrições das dimensões mínimas referentes à seção transversal dos pilares estão de acordo a ABNT NBR 6118/2014, na qual se recomenda que as dimensões mínimas dos pilares devem ser de 19 cm, sendo tolerável 14 cm. No entanto, deve-se atentar que será necessário aplicar os fatores de ponderação nos esforços de cálculo, conforme o quadro 01. Ademais, a norma explicita que a seção mínima transversal do pilar deve ser de 360 cm², a taxa de armadura compreendida entre 0,8 % e 4% da seção do pilar e o espaçamento máximo das barras longitudinais não deverá ultrapassar o limite de 40 cm.

Quadro 01 - Valores do coeficiente adicional γ_n .

Seções Mínimas de Pilares			
hx (cm)	γ_n	Área Mín. (cm ²)	hy mín (cm)
19	1	360	18,9
18	1,05	360	20
17	1,1	360	21,2
16	1,15	360	22,5
15	1,2	360	24
14	1,25	360	25,7

Fonte: Produzido pelos autores.

Tendo em consideração os limites das regiões e domínios, definidos por Pinto (2017), utilizou-se o β_x no limite dos domínios 3 e 4. Logo, tem-se que para o limite inferior expresso na seguinte equação:

$$\beta_x \geq 0,259(1 - \delta) \beta_x \geq 0,259(1 - \delta)$$

(20)

Para o limite superior, tem-se a seguinte equação:

$$\beta x \leq 0,628(1 - \delta)\beta x \leq 0,628(1 - \delta)$$

(21)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizando-se diversos testes no solver, observou-se que altura da seção utilizada no dimensionamento e a posição da linha neutra apresentavam maiores influências nos momentos resistentes e conseqüentemente no custo final do pilar, do que a largura e a resistência característica do concreto (F_{ck}). É importante destacar que a altura mencionada está sempre paralela ao eixo do momento que está atuando na peça, ou seja, se o pilar estiver submetido ao momento M_{dx} , a altura utilizada será o h_x da seção.

É importante destacar que os resultados obtidos através do Solver são variáveis, uma vez que dependendo do processamento do computador utilizado pelo usuário e do tempo de processamento definido no Solver, pode-se obter valores diferentes a cada otimização. Desse modo, para uniformizar os resultados obtidos, através das otimizações, foram utilizadas excentricidade $e_x = 4$ cm, 4 barras na vertical e 2 na horizontal.

Para melhor visualização da comparação entre os resultados obtidos, mediante as otimizações, pode-se observar nos quadros 2, 3, 4 e 5:

Quadro 02 - Resultados da otimização do h_x .

Seção	Nk (KN)	Md (KN.cm)	Md calc. (KN.cm)	h_x (cm)	h_y (cm)	Fck (Mpa)	X (cm)	As total (cm ²)	Custo (R\$/m)
1	600	3360,00	3381,00	20,13	30	30	16,10	6,28	63,14
2	700	3920,00	4167,70	22,93	30	30	19,22	6,28	66,53
3	800	4480,00	5530,70	24,83	30	30	20,77	9,82	78,21
4	900	5040,00	6726,90	27,95	30	30	23,95	9,82	81,98
5	1000	5600,00	8056,00	31,14	30	30	27,15	9,82	85,84
6	1100	6160,00	9434,70	34,28	30	30	30,34	9,82	89,65
7	1200	6720,00	11051,80	37,56	30	30	33,56	9,82	93,61

Fonte: Produzido pelos autores.

Quadro 03 - Resultados da otimização do h_y .

Seção	Nk (KN)	Md (KN.cm)	Md calc. (KN.cm)	h_x (cm)	h_y (cm)	Fck (Mpa)	X (cm)	As total (cm ²)	Custo (R\$/m)
1	600	3360,00	4889,30	30	19,00	30	25,71	6,28	61,78
2	700	3920,00	5400,10	30	22,30	30	25,96	6,28	65,77
3	800	4480,00	6037,30	30	25,98	30	25,98	6,28	70,22
4	900	5040,00	7176,50	30	27,66	30	25,98	9,82	81,64
5	1000	5600,00	7824,00	30	31,37	30	25,98	9,82	86,12
6	1100	6160,00	8466,60	30	35,06	30	25,98	9,82	90,59
7	1200	6720,00	9152,50	30	38,85	30	25,93	9,82	95,17

Fonte: Produzido pelos autores.

Os resultados apresentados no quadro 02, mostram que quando o h_x e a posição da linha neutra são utilizadas como variáveis na otimização, obteve-se, inicialmente, maiores custos e menores momentos do que a otimização do h_y (quadro 03), uma vez que, quanto maior a altura da seção paralela ao eixo do momento atuante, o pilar resistirá a maiores esforços atuantes, devido aumento no comprimento do braço de alavanca, sendo assim, será necessária menor área de aço e, conseqüentemente, o custo final do pilar será menor.

É necessário frisar que, para estas otimizações do h_x e h_y , fixou-se o F_{ck} para 30 Mpa, visto que, ao se utilizar F_{ck} 20 Mpa, será necessário utilizar elevada taxa de armadura para resistir a esforços superiores a 1000 KN, tornando o custo final bastante elevado. Vale ressaltar que, nos projetos estruturais, habitualmente adota-se um F_{ck} único para todos os pilares.

Quadro 04 - Resultados da otimização do F_{ck} .

Seção	Nk (KN)	Md (KN.cm)	Md calc. (KN.cm)	h_x (cm)	h_y (cm)	Fck (Mpa)	X (cm)	As total (cm ²)	Custo (R\$/m)
1	600	3360,00	6361,90	30	30	20	24,31	9,82	83,06
2	700	3920,00	7578,30	30	30	25	23,46	9,82	83,70
3	800	4480,00	6912,50	30	30	25	25,42	9,82	83,70
4	900	5040,00	8135,70	30	30	30	24,56	9,82	84,47
5	1000	5600,00	9318,80	30	30	35	23,92	9,82	85,24
6	1100	6160,00	10253,80	30	30	40	23,95	9,82	86,31
7	1200	6720,00	9481,00	30	30	40	25,67	9,82	86,31

Fonte: Produzido pelos autores.

Para a otimização do $f_{ck} F_{ck}$ (quadro 04), tem-se os resultados da otimização fixando tanto a altura útil, quanto altura e a base da seção, variando apenas o F_{ck} . Portanto, os custos mantiveram-se praticamente constantes de uma combinação para outra. Eles são maiores do que quando se utiliza todas as variáveis e os momentos resistentes são maiores que os momentos desejados.

Quadro 05 - Resultados da otimização das variáveis.

Seção	Nk (KN)	Md (KN.cm)	Md calc. (KN.cm)	h_x (cm)	h_y (cm)	Fck (Mpa)	X (cm)	As total (cm ²)	Custo (R\$/m)
1	600	3360,00	3326,50	20,14	25,43	35	16,26	6,28	59,26
2	700	3920,00	3882,40	19,98	27,30	40	15,93	6,28	61,53
3	800	4480,00	4436,20	19,58	29,53	45	15,31	6,28	65,06
4	900	5040,00	4990,10	19,34	31,18	50	14,92	6,28	67,74
5	1000	5600,00	5544,30	20,15	32,75	50	15,93	6,28	70,66
6	1100	6160,00	6101,20	19,85	37,48	50	15,49	6,28	75,34
7	1200	6720,00	6655,70	21,37	36,51	50	17,40	6,28	76,79

Fonte: Produzido pelos autores.

Como pode ser observado no quadro 05 ao considerar as variáveis F_{ck} , h_x , h_y e a posição da linha neutra na otimização, obteve-se momentos mais próximos dos momentos de projeto,

além disso, reduziu-se as seções dos pilares e a área de aço das barras, conseqüentemente, obteve-se maior redução do custo final do pilar. Por fim, para se obter menores custos finais durante a otimização, criou-se o quadro do quantitativo mínimo dos materiais (Quadro 06), referente a seção do pilar, F_{ck} e barra de aço, para resistir aos esforços normais atuantes no pilar. Vale salientar que esses dados foram coletados durante as otimizações realizadas na planilha, sendo que, para isso, foi adotado as 4 barras na vertical e 2 barras na horizontal e excentricidade de 4 cm. Então, para arranjo de barras diferentes do explicitado nesse trabalho, deve-se analisar os resultados e adotar o que melhor se adequa ao projeto.

Quadro 06 - Quantitativo mínimo dos materiais para se obter menores custos.

Esforços (KN)	Seção (hx e hy)	Fck (Mpa)	Barra de aço
Até 250 KN	19 cm	20 Mpa	10,0 mm
300 — 450 KN	19 cm	$F_{ck} \leq 40$ Mpa	10,0 mm
500 — 1250 KN	$h > 19$ cm	$F_{ck} \geq 40$ Mpa	10,0 mm
1300 — 1950 KN	$h > 19$ cm	$F_{ck} \geq 40$ Mpa	12,5 mm
2000 — 2550 KN	$h > 19$ cm	$F_{ck} \geq 40$ Mpa	16,0 mm
2650 — 2800 KN	$h > 19$ cm	$F_{ck} \geq 40$ Mpa	20,0 mm
2800 — 3000 KN	$h > 19$ cm	$F_{ck} \geq 40$ Mpa	25,0 mm

Fonte: *Produzido pelos autores.*

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se a importância da automatização do processo de cálculo desenvolvido pela planilha, em vista da complexidade do dimensionamento da armadura longitudinal de pilares, que deve ser executada por processos iterativos. Atendendo, assim, o objetivo almejado através do presente trabalho. Ressalta-se que a planilha, além de fornecer ao usuário a área de aço, o custo por metro linear de cada insumo, diferentes opções de otimização e o detalhamento da seção, fornece também, um memorial de cálculo simplificado.

Analisando-se os resultados obtidos durante os dimensionamentos, percebeu-se que o h_x tem maior influência na redução do custo dos pilares que as demais variáveis, fato esse que pode ser comprovado devido ao aumento no comprimento do braço da alavanca, desse modo a peça resiste a um maior momento fletor. É importante destacar, no entanto, que o usuário deve estar atento aos avisos emitidos pela ferramenta, visto que se for utilizado seção menor que 19 cm, a planilha adotará um incremento nos esforços, devido aos coeficientes de majoração impostos pela ABNT NBR 6118/2014. Outrossim, a ferramenta mostra-se ser bastante eficaz para redução dos custos durante o processo de dimensionamento de pilares, otimizando diversas variáveis e garantindo segurança nos resultados, em vista de que foram adotados os procedimentos exigidos pela ABNT NBR 6118/2014.

Vale ressaltar que nos projetos estruturais, adota-se um F_{ck} único para todos os pilares, logo, durante o uso do programa devem ser analisadas pelo usuário todas as opções de acordo com o F_{ck} global adotado do projeto em questão. Além disso, as diferenças encontradas nos

dimensionamentos, devem-se, portanto, aos valores dos esforços normais, os quais para algumas otimizações, o momento fletor resistente elevado aumenta a seção e a área de aço necessária para resistir aos esforços e, conseqüentemente o custo do pilar.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014.

ALVES, Elcio Cassimiro; DOS SANTOS SOUZA, Paula Mayer; DA GAMA, Paulo Vitor Calmon Nogueira. **Projeto Ótimo de Pilares Esbeltos de Concreto Armado**. E&S Engineering and Science, v. 6, n. 2, p. 60-75, 2017.

BASTOS, P. S. **Fundamentos do Concreto Armado**. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>>. Acesso em: 11 de outubro de 2020.

BASTOS, P. S. **Flexão composta e pilares de concreto**. Disponível em: <<https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto2/Pilares.pdf>>. Acesso em: 11 de outubro de 2020.

BENDÔ, Nestor Eleutério Paiva. **Geração de Ábacos para Dimensionamento de Seções de Pilares Solicitadas por Flexão Composta**. 2011. 58 p., Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CASTRO, R. Q.; CRESCÊNCIO, T. O. **Uso de Planilha Eletrônica para o Dimensionamento de Pilares Retangulares de Concreto Armado**. Disponível em: <<http://firewall03.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/Uso%20de%20Planilha%20Eletr%C3%B4nica%20para%20o%20Dimensionamento%20de%20Pilares%20Retangulares%20de%20Concreto%20Armado.pdf>>. Acesso em 15 de dezembro de 2020.

DANTAS, Itajá de Souza Júnior. **Planilha de cálculo para verificação de concreto armado**. 2018. 61 p., Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ORSE. **Pesquisa de insumos**. Disponível em: <<http://orse.cehop.se.gov.br/insumosargumento.asp>>. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

MICROSOFT. **Suporte do Office**. Disponível em: <<https://support.microsoft.com/pt-br/office/definir-e-resolver-um-problema-usando-o-solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040?ui=pt-br&rs=pt-br&ad=br>>. Acesso em: 21 de junho de 2020.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2020.

PINTO, Vinicius Slompo. **Dimensionamento de pilares de concreto com seção transversal retangular usando envoltórias de momentos**. São Carlos, 2017.

SIAS, F. M., ALVES, E. C. (2014). **Dimensionamento ótimo de pilares de concreto armado** (doi.:10.5216/reec.v9i3.31421). REEC - Revista Eletrônica De Engenharia Civil, 9(3). Disponível em: <<https://doi.org/10.5216/reec.v9i3.31421>>. Acesso em 11 de outubro de 2020.

CAPÍTULO 9

PROPOSTA DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BAIRRO PONTO NOVO EM
ARACAJU-SE: APLICABILIDADE E DESAFIOS DE UM NOVO MODELO

*SOLID WASTE MANAGEMENT PROPOSAL IN THE PONTO NOVO NEIGHBORHOOD IN ARACAJU-SE:
APPLICABILITY AND CHALLENGES OF A NEW MODEL*

Tatiane Morais Ramos¹
Brendo Morgado Borges²
Nayára Bezerra Carvalho³
Ranyere Lucena de Souza⁴
Vanessa Cristine Silva Santos⁵

Resumo

Tendo em vista a problemática em torno do descarte irregular dos resíduos sólidos, o foco do presente trabalho foi realizar um levantamento de dados acerca dos resíduos sólidos do bairro Ponto Novo, em Aracaju-SE, para elaboração de uma Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos com base no modelo aplicado na Espanha desde meados da década de 1990. A pesquisa possuiu uma abordagem descritiva e quantitativa, conduzida primeiramente por questionário estruturado com 39 perguntas via Formulários Google. Nos resultados, ao analisar a dinâmica do comportamento da população de Ponto Novo ficou evidenciado a deficiência em políticas de sensibilização e incentivo à população em relação ao meio ambiente e o pouco comprometimento com questões que envolvem a educação ambiental e os resíduos sólidos. Entretanto, a população demonstrou interesse em participar de um programa de coleta seletiva no bairro em questão.

Palavras-chave: PPGRS. Resíduos Sólidos. Educação Ambiental. Coleta Seletiva.

Abstract

Owing to the problem surrounding the irregular disposal solids waste, the focus of the present work was to achieve a data survey about the solids waste in the Ponto Novo neighborhood, in Aracaju-Se, to elaborate a Proposal to the Solid Waste Management Plan based on the model applied in Spain since the mid-1990s. The research has a descriptive and quantitative approach, conducted primarily by a structured questionnaire with 39 questions by Google Forms. In the outcomes, while parsing the dynamics of the behavior of the population of Ponto Novo, it was evidenced the deficiency in policies of sensitization and incentive to the population in relation to the environment and the little commitment with issues that involve environmental education and solids waste. However, the population demonstrated interest in participating in a selective collection program in the neighborhood in question.

Keywords: SWMP. Solids waste. Environmental Education. Waste Sorting.

Introdução

Em virtude do crescimento populacional e a elevada taxa de urbanização, acompanhado do desenvolvimento tecnológico voltado exclusivamente ao consumo tem gerado um custo ambiental muito alto para a sociedade e a natureza, devido às limitações da sua capacidade no abastecimento regular de recursos naturais e de absorver os resíduos resultantes do consumo da população (SOTELO; BENÍTEZ; EUGENIA, 2013).

¹ Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Tiradentes. E-mail: tatianemorais38@gmail.com.

² Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Tiradentes. E-mail: brendo.morgado@gmail.com.

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: nayara.eng@hotmail.com.

⁴ Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: ranyerels@hotmail.com.

⁵ Mestranda em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: cristinevanessa@outlook.com.

Desta forma, a *World Wildlife Fund* (WWF) preconiza que, todos os anos, são consumidos 50% a mais dos recursos que o planeta pode nos oferecer, com projeções de chegar aos 100% antes de 2050, caso mantenha-se o estilo de vida atual.

De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2019), em 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos, um aumento de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior, o Nordeste gerou 35.554 toneladas de resíduos, sendo 734 toneladas em Sergipe. Desse montante, 92% (72,7 milhões) foi coletado. Apesar do alto índice de coleta, acima de 90% do total gerado, o referido estudo apontou problemas quanto à disposição final, com 40,5% ainda destinado a lixões e aterros controlados, que não contam com um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações.

A destinação inadequada de resíduos gera problemas como o esgotamento de aterros sanitários, aterros controlados e lixões, a obstrução do sistema de drenagem, a proliferação de insetos e roedores, além da contaminação de águas subterrâneas pela penetração, através do solo, de metais de alta toxicidade e de chumbo, o desperdício de materiais recicláveis, e o consequente prejuízo à saúde pública e ambiental dos municípios (MELO, 2014).

Para auxiliar a minimizar e reverter essa situação, em 2010, foi sancionada a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), que trata sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. A PNRS coloca em perspectiva, dentre outras providências, o fim dos lixões em todo o território nacional, a implantação da coleta seletiva e da logística reversa, tendo por princípio a responsabilidade compartilhada entre governos, empresas, associações de catadores (as) e toda a população (ESTRE, 2019).

Para o estabelecimento do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), deverá ser levado em conta o projeto do empreendimento e este, por sua vez, será interferido pelos critérios estabelecidos no PGRS, na execução das ações voltadas a gestão dos resíduos sólidos e as ações para educação ambiental, nas diferentes fases podendo interferir no andamento do projeto de gestão (JUNDIAÍ, 2020).

Segundo Melo (2014), algumas medidas urgentes para diminuir a quantidade de lixo e o impacto dos resíduos no meio ambiente são a coleta seletiva, a reciclagem de materiais e a compostagem – que devem ser realizados de forma integrada, dentro de um programa contínuo, com o apoio do poder público municipal e de empresas, conjuntamente com um programa de conscientização da população, pois a educação ambiental deve estar presente e de acordo com as políticas públicas de redução e destinação do lixo.

Sendo assim, segundo Saffer *et al.* (2014), atualmente na Espanha, mais de 99% do território nacional tem o serviço de coleta seletiva funcionando. Enquanto que no Brasil, a maioria dos serviços de coleta seletiva se concentra nas regiões Sul e Sudeste e não abrange todos os bairros, tendo que apenas 22% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva e 17% da população do país é atendida por esse serviço. (CEMPRE, 2019).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma Proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos no bairro Ponto Novo, em Aracaju – SE, com base no modelo que tem sido aplicado na Espanha desde a criação da Lei 10/1998, de 21 de abril, de Resíduos (ESPAÑA, 1998), que tem como objetivo prioritário das diretrizes, uma maior conscientização da população, contribuindo para a prevenção na geração dos resíduos, seguido da reutilização, reciclagem, valorização orgânica e/ou energética e por fim, a redução do rejeito em aterros sanitários.

Desenvolvimento

Procedimentos metodológicos

O presente estudo apresenta uma pesquisa com caráter exploratório descritivo, cujo método de abordagem é qualitativo e quantitativo. No qual foi realizado no bairro Ponto Novo, o qual ocupa uma área de aproximadamente 1,84 km², situado na zona sul do município de Aracaju, no estado de Sergipe. Possui 81% dos lotes de uso residencial e os outros 19% em uso comercial e de serviços, onde 100% dela é considerada urbana (FRANÇA, 2014).

Questionário

A pesquisa apresentou caráter descritivo, onde buscou-se analisar dados qualitativos por meio da aplicação de um questionário à população. O mesmo foi composto por 39 perguntas no total, sendo 38 objetivas e apenas uma pergunta subjetiva, abordando temas como resíduos sólidos, coleta seletiva e PGRS, através da plataforma *GoogleForms*. O questionário foi repassado através de diferentes redes sociais, tais como, *Instagram* e *Whatsapp* para um maior alcance do público alvo.

Buscou-se atingir o número mínimo de respostas necessárias para abranger o tamanho da amostra calculada, para obtenção de um bom nível de confiança da amostra. A análise dos dados obtidos foi feita a partir de gráficos e tabelas gerados através do programa *Microsoft Excel*.

Segregação, caracterização e classificação dos resíduos a partir da composição gravimétrica

Para o estudo da segregação, caracterização e classificação dos resíduos a partir da composição gravimétrica para o bairro Ponto Novo, utilizou-se de coleta de dados no órgão competente do município, como a Empresa Municipal de Serviços Urbanos (EMSURB) e coleta de informações e médias publicadas na literatura, baseando-se então, por dados fornecidos pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2012) e também através do Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Sul e Centro Sul de Sergipe (PIRS/SE) (2014) para obtenção dos dados necessários.

Elaboração da Proposta do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para o bairro Ponto Novo

A Proposta do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PPGRS) foi embasada de acordo com o Guia Municipal de Resíduos Sólidos (2015) da Federação Espanhola de Municípios

e Províncias e a elaboração do plano ocorreu em cinco etapas, das quais foi possível avaliar a situação dos resíduos sólidos no bairro, pesquisar e elaborar estratégias e ações de sensibilização para orientar a percepção da população sobre esta questão, visando uma futura implementação do PPGRS.

A primeira etapa constitui a elaboração do projeto de Educação Ambiental, para maior sensibilização dos moradores acerca do tema, de acordo com a Lei 9.795, de 27 de abril de 1999 (BRASIL, 1999). Para a elaboração desta etapa aplicou-se o questionário, relacionado à temática de resíduos sólidos na região, visando identificar a percepção que os moradores tinham sobre o ambiente de estudo e sobre a contribuição que cada um poderia aportar para o sucesso do PPGRS. Na etapa de Educação Ambiental foram propostas ações e programas de incentivo e sensibilização ambiental ao público alvo.

A segunda etapa constitui na definição da forma de acondicionamento dos resíduos sólidos do bairro, através da descrição de equipamentos e contentores para auxiliar a separação dos resíduos sólidos na fonte e a recuperação de resíduos sólidos recicláveis, de acordo com a Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001.

Na terceira etapa consistiu no detalhamento da coleta e transporte dos resíduos sólidos, de acordo com a NBR 12980/1993 (ABNT, 1993) e a NBR 13221/2017 (ABNT, 2017). Às quais visam a forma adequada da coleta dos resíduos e como também o seu transporte, de modo a evitar danos ambientais e proteger a saúde pública.

A quarta etapa consistiu na descrição da triagem, tratamento e destinação final dos RSU, através do detalhamento dos galpões de seleção dos resíduos recicláveis, tratamento dos materiais orgânicos e recicláveis e sua destinação correta, tal como aplicado no Guia Municipal de Resíduos Sólidos (2015) do modelo espanhol.

Na quinta etapa consistiu na divulgação da PPGRS, através de cartazes, redes sociais, palestras em Unidades Básicas de Saúde da Família (UBSF), igrejas, escolas, condomínios, entre outros, para uma maior e melhor visibilidade da população sobre o tema.

Por fim, elaborou-se um cronograma para implementação da Proposta do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PPGRS) com o tempo de execução de cada etapa.

Para o desenvolvimento e manutenção do PPGRS, utilizou-se a técnica do monitoramento citada por Assunção (2010), com o objetivo de desenvolver e acompanhar mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas. Desta forma, o monitoramento deve se basear na implantação de relatórios mensais de atividades com o acompanhamento das coberturas, dos volumes de resíduos sólidos transportados e tratados e dos rejeitos aterrados, como também deverão ser incluídos nos relatórios de monitoramento os custos praticados no manejo dos resíduos, as atividades de capacitação do corpo técnico e das mobilizações sociais e de educação ambiental do bairro.

Resultados e discussão

Questionário

Os resultados apresentados a seguir referem-se ao questionário aplicado aos moradores do bairro Ponto Novo, totalizando 76 questionários respondidos. Isso é justificável pelo momento de pandemia do vírus COVID-19, na qual, coincidiu com o período de divulgação dos questionários.

Assim, conseqüentemente diminuiu de forma expressiva a comunicação e os contatos interpessoais, que por virtude, não foi possível atingir o número mínimo de respostas necessárias para respeitar o tamanho da amostra calculada de 394 questionários.

As duas perguntas iniciais do questionário foram para identificar em qual bairro e rua exatamente os moradores residem, visto que, no bairro Ponto novo há um conjunto residencial, chamado Castelo Branco. Dentro deste contexto, 84,2% responderam que residem no bairro Ponto Novo e 15,8% moram no conjunto Castelo Branco.

Predominantemente, os moradores são solteiros (as) (82,9%) em comparação com outros estados civis, não possuindo filhos (75%) em sua maioria. Consideravelmente, 56,6% dos entrevistados eram do gênero feminino e 43,4% do gênero masculino, quando perguntados sobre a faixa etária, 10,5% possuem de 14 a 18 anos, 39,5% de 19 a 25 anos, 31,6% de 26 a 35 anos, 9,2% de 36 a 45 anos, 6,6% de 46 a 59 anos e 2,6% possuem 60 anos ou mais.

Segundo Azilah, Foziah e Ho (2015), é esperado que haja uma maior participação por parte dos mais jovens em programas de gerenciamento de resíduos como a coleta seletiva, visto que, os jovens são potencialmente conscientes e futuros multiplicadores de ações da educação ambiental.

Em relação à escolaridade, em sua maioria informaram que possuem ensino superior (39,5%), e que 34,2% estão cursando ou está incompleto. Com relação à baixa escolaridade 5,3% alegaram ter concluído o ensino fundamental e 1,3% não ter concluído. Corroborando, MENEZES et al (2019) conclui em seu estudo, que regiões de maior poder aquisitivo e grau instrucional indicam maior tendência na geração de materiais recicláveis, e que em contrapartida, famílias de baixa renda e com menor grau de instrução há uma maior geração de matéria orgânica quando comparado a outros tipos de resíduos.

Quando questionados, se já participaram de alguma palestra ou evento sobre EA, 26,3% disseram já ter participado uma vez, 35,5% afirmaram ter frequentado mais de uma vez e cerca de 38,2% declararam nunca ter participado de nenhum evento sobre educação ambiental.

Quando indagado se havia coleta de resíduos ou não e com qual frequência, 13,2% afirmaram não haver coleta de resíduos, em contrapartida outros 13,2% argumentaram ter coleta todos os dias, em geral 57,9% revelaram possui coleta de 2 a 3 por semana, enquanto 15,8% possuem coleta apenas 1 vez na semana.

Na mesma percepção, foram questionados a respeito da quantidade de lixeiras presentes no bairro, 78,9% foram categóricos ao informar que não existem lixeiras nas proximidades, enquanto 17,1% disseram haver apenas 1 ou 2 lixeiras, 2,6% disseram haver entre 3 a 4 lixeiras e

1,3% informaram haver encontrado de 5 a 6 lixeiras para coleta seletiva, sendo números extremamente baixos e insuficientes quanto à dimensão populacional presente no bairro.

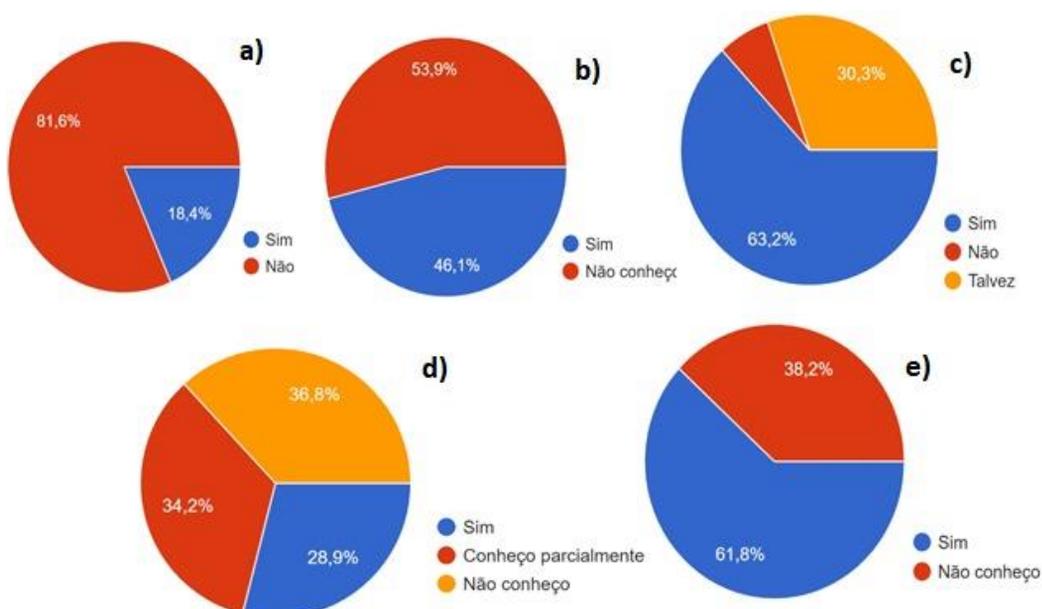
Quando perguntado, o que é coleta seletiva, majoritariamente responderam ter conhecimento (88,2%) (Figura 14). Contudo, Queiroz e Pedrini (2014) denotam que, mesmo que os indivíduos estejam cientes do conceito de coleta seletiva, podem não compreender todos os fatores envolvidos, além da sua pertinência e necessidade. E quando abordados se realizavam coleta seletiva em suas residências e com qual frequência, em ambas as respostas, predominantemente não segregam os resíduos em seus lares (61,8%).

A respeito da eficiência do programa de coleta seletiva atual na cidade de Aracaju, 38,2% declaram pouca eficiência, 32,9% reiteram razoável, além disso, outros 23,7% informam não ter eficiência alguma e apenas 5,3% alegam ser eficiente.

Vale ressaltar que, apesar de o município possuir um Plano Estadual de Coleta Seletiva (GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE, 2014) o seu uso é de ação voluntária, por isso, não há uma realização completa da coleta seletiva no município, deixando a desejar a efetividade da gestão resíduos sólidos domiciliares, diante disso os resultados apresentados evidenciam a pouca efetividade da coleta seletiva no bairro em questão.

O presente questionário também avaliou o conhecimento dos entrevistados em relação aos termos empregues na gestão de resíduos sólidos, como: logística reversa, ecoponto e seu interesse em encaminhar seus resíduos ao ecoponto, compostagem e o conhecimento da existência sobre o Plano Municipal de Resíduos Sólidos logo, as Figuras 1a, 1b, 1c, 1d e 1e exibem os resultados a seguir:

Figura 1: Gráficos sobre o conhecimento dos entrevistados acerca de temas como logística reversa (1a), ecoponto (1b), interesse em encaminhar seus resíduos ao ecoponto (1c), compostagem (1d) e conhecimento da existência sobre o Plano Municipal de Resíduos Sólidos (1e).



Segregação, caracterização e classificação dos resíduos a partir da composição gravimétrica

No diagnóstico preliminar, verificou-se que no bairro, objeto do estudo, não possuía padrão de contentores de resíduos, em residências horizontais a disposição do resíduo era em calçadas, enquanto que nas residências verticais, como condomínios, a disposição era em bombonas de 200 litros.

Devido ao estado de Sergipe não possuir informações e dados consolidados para a caracterização dos RSU para todos os municípios, o IPEA (2012) apresenta uma estimativa realizada para o Brasil, na qual indica que de acordo com a média de consumo e de estudos à composição gravimétrica dos resíduos, a matéria orgânica representa mais da metade (51,4%) dos resíduos urbanos, seguido dos materiais recicláveis como papel, papelão e embalagem longa vida (tetrapak), plástico, vidro, aço e alumínio, com quase 32%.

Elaboração da Proposta de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

A proposta do PGRS foi desenvolvida com base no diagnóstico atual do bairro Ponto Novo e no modelo aplicado na Espanha desde meados da década de 1990, quando entrou em vigor a Lei 10/1998, de 21 de abril, de Resíduos (ESPANHA, 1998) e também a criação da Lei 11/1997 de Embalagens e Resíduos de Embalagens (ESPANHA, 1997), visando melhorar o sistema vigente, proporcionando soluções disponíveis e estabelecendo metas a serem atingidas pelo bairro em relação a gestão de resíduos sólidos, coleta seletiva e educação ambiental.

Juntamente com os órgãos municipais da Espanha, tais organizações se uniram para uma melhora no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, e com isso, nas plantas de triagem dos aterros sanitários, ocorre a separação desses resíduos recicláveis dos orgânicos e os mesmos são destinados para as usinas das respectivas organizações. E têm-se mostrado que as taxas de reciclagem no país estão aumentando ao longo dos anos.

Devido ao sucesso do funcionamento de tal gestão de resíduos sólidos aplicada na Espanha, buscou-se adaptar este modelo à realidade do bairro Ponto Novo, trazendo assim, uma inserção da sociedade para a conscientização das ações ambientais, por meio da sensibilização e educação ambiental, a inclusão social junto com os catadores de resíduos recicláveis, às cooperativas locais e as administrações públicas responsáveis, para propor uma melhoria do Plano de Gestão de Resíduos Sólidos atual vigente no município.

O modelo de PPGRS proposto engloba, além de uma conscientização maior da população, contentores seletivos, coleta eficiente com a apoio das cooperativas de reciclagem (não mesclando os resíduos novamente), também se visa uma maior segregação dos materiais nos centros de triagem, valorização orgânica para compostagem, valorização energética com produção de biogás para a própria planta de triagem, e assim, menor volume de rejeitos destinados aos aterros sanitários (MITECO, 2020).

Projeto de Educação Ambiental

Segundo Silva & Souza (2018) a força motriz para qualquer implementação de modelo de gestão de resíduos sólidos é o próprio cidadão (crianças ou adultos), que são os geradores de resíduos, e para isso é necessário adotar uma conduta ambiental com atuação constante.

Desta forma, propõe-se que a educação ambiental seja primeiramente disseminada em forma de palestras nas escolas sobre a conscientização da educação ambiental com dinâmicas acerca do assunto e posteriormente será apresentado a proposta de gestão de resíduos a ser implementada de forma clara, simples e intuitiva, sempre com interação com o público ouvinte.

Desta maneira, os valores adquiridos tornam-se hábitos que são levados por toda a vida e a aplicação de tais programas têm papel fundamental para o aprimoramento desses valores ambientais que tem por objetivo estabelecer um processo de educação ambiental humanista, democrática e participativa.

Forma de Acondicionamento dos Resíduos Sólidos

Conforme a proposta deste trabalho o acondicionamento dos resíduos poderá ser realizado em dois locais diferentes para disposição, tais como, contentores e ecopontos. Os resíduos como: Plásticos, Metais, Vidros, Papel/Papelão e Orgânico, que são resíduos não perigosos (Resíduos Classe II), de acordo com a NBR 10.004/2004, podem ser acondicionados em contentores devidamente identificados por suas respectivas cores, além da nomenclatura e informações dos materiais colocados em cada contentor correspondente.

Sendo assim, sugere-se que o acondicionamento de origem orgânica e de recicláveis deverá ser feito de acordo com o contentor de carga lateral.

Segundo A21 Granada (2020), para o acondicionamento dos resíduos, faz-se necessário seguir alguns critérios, tais como: os aspectos físicos das ruas, como suas topografias, as distâncias entre os contentores que devem assegurar que o usuário disponha de pontos de depósito à uma distância adequada, de aproximadamente 50 metros para a fração orgânica e 100 metros para a fração reciclável, e por fim, a visibilidade, pois, os contentores devem ser posicionados em zonas visíveis para os usuários.

Os ecopontos auxiliam na redução de descarte irregular dos resíduos, devido à suas características, e por certos resíduos se enquadrarem como perigosos (Resíduos de Classe I), de acordo com a NBR 10.004/2004.

Além da forma da separação ser bastante vantajosa do ponto de vista logístico no descarte final, os ecopontos e os contentores apresentam inúmeros benefícios ao meio ambiente, evitando contaminação dos solos e águas subterrâneas pois os resíduos uma vez depositados serão destinados de forma correta diminuindo também quantidade de resíduos que chegam ao aterro.

Forma de Divulgação do PPGRS do Bairro Ponto Novo

Como forma de divulgação do modelo de gestão de resíduos sólidos, pode ser utilizada as mídias sociais, como, por exemplo, telejornais locais, criação de uma conta no Instagram, criação de aplicativo para celular, devido a maior visibilidade e o rápido alcance dos respectivos públicos alvos.

Além disso, sugere-se empregar também a disseminação por outdoors em pontos estratégicos do bairro e carros de som com campanhas informando sobre a importância e divulgação do projeto proposto.

Considerações Finais

As ideias que nortearam a elaboração da proposta de gestão de Resíduos Sólidos Urbanos para o bairro Ponto Novo, na capital sergipana, podem ser identificadas devido às tendências mundiais atuais, cuja a prioridade é a redução do volume de resíduos gerados desde o início da cadeia produtiva.

Visto que, 38,2% dos entrevistados nunca participaram de palestras ou oficinas de educação ambiental, também se observou que 67,1% dos moradores do bairro não sabem a destinação final de seus resíduos sólidos, isso justifica o fato de os mesmos não terem conhecimento acerca de um Plano Municipal de Resíduos Sólidos (PMGRS).

Entretanto, os moradores acreditam que a coleta seletiva é muito importante para garantir um ambiente de qualidade para as gerações futuras e também se interessam em participar de um programa de coleta no bairro.

A elaboração de PPGRS consistiu na inspiração de um modelo de gestão de resíduos sólidos aplicado na Espanha desde meados da década de 1990, quando entrou em vigor a Lei de Resíduos no país, propondo assim, a coleta seletiva de maneira mais próxima e cotidiana da população, através de contentores distribuídos a cada 50 metros para fração orgânica e 100 metros para fração reciclável e pontos de coleta de resíduos especiais, como os ecopontos, facilitando a deposição dos resíduos da população.

Medidas e incentivos de educação ambiental contínua para real efetividade do modelo e divulgação da proposta nas redes sociais, para um maior alcance da informação ao público alvo foram idealizadas na PPGRS. E também o monitoramento do PPGRS como forma de acompanhar a evolução do sistema de gerenciamento a ser implantado no bairro, através da verificação de ações e metas planejadas, e proposição de ações corretivas, dando assim, continuidade no projeto.

Referências

A21 Granada. **Guía interactiva para la gestión municipal diaria de residuos: ¿A qué distancia del usuario hay que colocar los contenedores de recogida selectiva para facilitar su uso por parte de los ciudadanos?**. Disponível em: <http://a21-granada.org/red-gramas/residuos/index.php/29-diseno-del-servicio-de-recogida/77-dis4>. Acesso em: 25 maio 2020.

ABRELPE. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2018/2019**. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/brasil-produz-mais-lixo-mas-nao-avanca-em-coleta-seletiva/>. Acesso em: 02 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro/RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12980: Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro/RJ, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13221: Transporte terrestre de resíduos**. Rio de Janeiro/RJ, 2017.

ASSUNÇÃO, M. M. **Manual para Elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Consórcios Públicos**. Ministério Do Meio Ambiente: Secretaria De Recursos Hídricos E Ambiente Urbano, Brasília-DF, 2010.

AZILAH, M.A; FOZIAH, J; HO C. S. **The Effects of Socio-Economic Influences on Households Recycling Behaviour In Iskandar Malaysia**. Procedia - Social and Behavioral Sciences 202. p.124 – 134. 2015.

BRASIL. **Lei Nº 9.795**, de 27 de Abril 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL. **Lei Nº12.305**, de 12 de fevereiro de 1998. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 12 fev. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 275**, de 19 de Junho de 2001. **Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273>. Acesso em: 29 fev. 2020.

CEMPRE. **Review 2019**. Itaim Bibi-SP, 2019. Disponível em: <http://cempre.org.br/>. Acesso em: 27 jun. 2020.

ESPANHA. **Lei 10/1998**, de 21 de abril, de Resíduos. JUAN CARLOS I REY DE ESPAÑA, 22 de abril de 1998.

ESPANHA. **Lei 11/1997**, de 24 de abril, de Embalagens e Resíduos de Embalagens. JUAN CARLOS I REY DE ESPAÑA, 25 de abril de 1997.

ESTRE. **Relatório de Sustentabilidade**. São Paulo - SP, Brasil, 2017.

FRANÇA, V. L. A. Prefeitura Municipal de Aracaju. **Relatório Final do Diagnóstico da Cidade de Aracaju**. Aracaju-SE, Jan. 2014.

GOVERNO DO ESTADO DE SERGIPE, **Plano Estadual de Coleta Seletiva de Sergipe**. Aracaju-SE, 2014.

GUIA MUNICIPAL DE RESÍDUOS SOLIDOS. **La Gestión de Resíduos Municipales**. Madrid: Editora MIC. 2015. 341 p.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos: Relatório de Pesquisa**. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Brasília – DF, 2012.

JUNDIAÍ, Prefeitura Municipal de Jundiaí. Lei Federal nº 12.305, 02 de agosto de 2010. **Procedimento para Elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS**. Disponível em: https://jundiai.sp.gov.br/planejamento-e-meio-ambiente/wp-content/uploads/sites/15/2019/03/jundiai-pgrs-_-procedimento.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.

MELO, J. C. **Gestão de resíduos sólidos urbanos nos condomínios do entorno da represa Corumbá III, à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2014. 70f. TCC (Bacharelado em Gestão Ambiental) - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina – DF, 2014.

MENEZES, R. O; CASTRO, S. R; SILVA, J. B. G; TEXEIRA, G. P; SILVA, M. A. M. **Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais**. Eng. Sanit. Ambient. vol.24 no.2 Rio de Janeiro Mar./Apr. 2019 Epub May 30, 2019.

MITECO. **Residuos Domésticos: Información sobre las fracciones de residuos generadas en el ámbito doméstico y su gestión**. Disponível em: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/Default.aspx>. Acesso em: 30 fev. 2020.

PIRS/SE. **Plano Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Sul e Centro Sul de Sergipe**. Governo do Estado de Sergipe, Aracaju-SE, 2014.

QUEIROZ, A. P. B; PEDRINI, A. G. **Percepção ambiental de moradores de condomínios no município de Niterói, estado Rio de Janeiro, Brasil sobre resíduos sólidos urbanos associados a sua coleta seletiva**. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Porto Alegre, v. 31, n. 2, p. 1517- 1256, jul./dez. 2014.

SAFFER, M; IZAWA M. K; DUARTE G. A. A; BRITZ E. B; ERCE, J. A; BELOQUI, G. L. **Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (AECID): Boas práticas Brasil e Espanha sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos com foco na coleta seletiva, reciclagem e participação dos catadores**. Ed. IABS, p. 258, Brasília – DF, 2014.

SILVA, E. A. da; SOUZA, T. O. **Resíduos Sólidos Urbanos: Comportamento da População e Gestão Pública em Jacobina-Ba**. 2018. 64 f. TCC (Licenciatura em Geografia) - Departamento de Ciências Humanas-DCH, Universidade do Estado da Bahia, Jacobina-BA, 2018.

SOTELO, C; BENÍTEZ, S. O; EUGENIA S. **Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos**. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, Vol. 29, núm.3, pp.7-8. ISSN: 0188-4999. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=370/37029665017>. Acesso em: 27 mar. 2020.

WWF, World Wildlife Fund. **Recursos naturais diminuem em ritmo alarmante**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?26164/Recursos-naturais-diminuem-em-ritmo-alarmante>. Acesso em: 04 mar. 2020.

CAPÍTULO 10

PROPOSTA DE MELHORIA DO ATUAL PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS DE CONDOMÍNIO VERTICAL EM ARACAJU – SE

PROPOSAL TO IMPROVE THE CURRENT SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN FOR A VERTICAL
CONDOMINIUM IN ARACAJU – SE

Gabriela Oliveira Valença¹
Breno Sedêly Souza da Conceição²
Nayára Bezerra Carvalho³
Cláudia Santana Arcieri Miranda⁴
Rodrigo de Oliveira Carvalho⁵

Resumo

Este artigo objetivou elaborar uma proposta de melhoria para o atual plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) de um condomínio vertical em Aracaju-SE. Por meio da literatura, visita *in loco*, entrevista e aplicação de questionário aos moradores, foi obtido que 78,8% destes sabiam o que era coleta seletiva, porém apenas 15,4% realizava a separação de resíduos; uma geração per capita de 0,8 kg.hab⁻¹.dia⁻¹; e gravimetria de 31,3% de recicláveis, 52,5% de matéria orgânica e 16,2% de outros resíduos. A proposta de melhoria foi elaborada com enfoque na educação e sensibilização ambiental, com treinamentos dos funcionários, cartilhas, palestras; novos coletores e sinalização; e destinação final adequada baseada na classificação dos resíduos. O documento com o PGRS também foi elaborado para ser entregue ao condomínio e espera-se que futuramente, com os resultados positivos, o condomínio decida ir além e realize a compostagem da matéria orgânica.

Palavras-chave: Armazenamento. Coleta seletiva. Educação ambiental.

Abstract

This article aimed to elaborate an improvement proposal for the current solid waste management plan (PGRS) of a vertical condominium in Aracaju-SE. Through literature, site visits, interview and questionnaires to residents, it was obtained that 78.8% of residents knew what selective collection was, but only 15.4% performed the separation of waste; per capita generation of 0.8 kg.hab⁻¹.day⁻¹ and gravimetry of 31.3% recyclables, 52.5% organic matter and 16.2% other wastes. The improvement proposal was prepared with a focus on environmental education and awareness, with training of employees, booklets, lectures; new collectors and signaling; and appropriate final destination based on the classification of waste. The document with the PGRS was also prepared to be delivered to the condominium and it is hoped that in the future, with the positive results, the condominium will decide to go further and compost the organic matter.

Keywords: Storage. Selective waste collection. Environmental education.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a região com menor índice de cobertura de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é o Nordeste, onde 1.794 municípios geraram 53.975 toneladas em 2018, 81,1% foram coletadas; e dos resíduos coletados, ao menos 6 em cada 10 toneladas são descartados em aterros controlados e lixões (ABRELPE, 2019). Segundo Zago e Barros (2019), a falta de conhecimento sobre os impactos que os resíduos sólidos causam - contaminação da água, do solo, proliferação de doenças, quando estes são destinados incorretamente ou queimados.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Tiradentes. E-mail: gabriela.oliveira.valenca@gmail.com.

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: brenosedely@gmail.com.

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: nayarabc.eng.prof@gmail.com.

⁴ Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: crsamiranda@gmail.com.

⁵ Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Sergipe. E-mail: engrodrigocarvalho@hotmail.com.

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010) institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e estabelece novos parâmetros na gestão de resíduos sólidos, se dispondo a trazer novas ferramentas à legislação ambiental brasileira, como, acordo setorial, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, logística reversa, coleta seletiva, catadores de materiais recicláveis e o Sistema de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR (BRASIL, 2020).

Cada tipo de resíduo tem um processo próprio de reciclagem, contudo na medida em que os resíduos sólidos são misturados, sua reciclagem se torna mais cara ou mesmo inviável, pela dificuldade de separá-los de acordo com sua constituição ou composição (BRASIL, 2020). A segregação dos resíduos é essencial para que estes possam ter uma destinação final adequada (ANDRADE, 2019).

Frente a isso, o objetivo deste trabalho foi elaborar uma proposta de melhoria no atual plano de gestão dos resíduos sólidos de um condomínio vertical, em Aracaju SE, através de uma pesquisa quali-quantitativa, tendo como objetivos específicos: levantamento de dados para a análise da gestão de resíduos recicláveis e diagnóstico das possíveis falhas, por meio da aplicação de questionário com os condôminos e visitas *in loco*; caracterização e classificação dos resíduos sólidos do condomínio para analisar as melhorias necessárias no acondicionamento, coleta e destino dos mesmos; propor um programa de sensibilização e educação ambiental, por meio da transferência de informações e ações, essenciais ao processo de gestão de resíduos sólidos; e elaborar um documento do plano de gerenciamento de resíduos sólidos para ser entregue ao condomínio vertical.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização do condomínio vertical

O condomínio vertical deste estudo de caso, localizado no Bairro São José, em Aracaju-SE, possui uma torre de habitação contendo 12 pavimentos, sendo 4 apartamentos por pavimento com aproximadamente 176 moradores. É constituído de uma área comum com salão de festas, parquinho, salão de jogos, sala de espera, piscina, garagem subterrânea e cada apartamento com área privada de aproximadamente 200 m².

2.2 Técnicas de coleta de dados

Para coleta de dados foram utilizadas as seguintes técnicas: pesquisa bibliográfica, visitas técnicas *in loco* com entrevistas e aplicação de questionário para moradores.

2.2.1 Ferramentas de coleta de dados

- Questões para a entrevista semiestruturada relativas à: quantidade de moradores, tipos de resíduos recicláveis coletados, local de armazenamento, horários e dias de coleta, cooperativa responsável, funcionários responsáveis e suas atribuições.

- Questionário aplicado apenas para os moradores, através do aplicativo Google Forms, utilizando 20 perguntas (2 subjetivas e 18 objetivas), relacionadas aos dados socioeconômicos e ao conhecimento dos moradores a respeito da destinação dos resíduos recicláveis e especiais, gerenciamento dos resíduos sólidos no condomínio, coleta seletiva e sensibilização ambiental, sem identificação nominal do morador.

2.2.2 Visita técnica *in loco* e aplicação do questionário

A proposta foi apresentada a síndica com a solicitação de autorização para realização da pesquisa e agendamento da visita *in loco*, obedecendo as medidas de prevenção à COVID-19 recomendadas pelo Ministério da Saúde.

Foram feitas duas visitas, a primeira para o reconhecimento do local de estudo e realização de entrevista semiestruturada com o encarregado de serviços gerais do condomínio. Na segunda visita foi feita a coleta de dados do local de armazenamento dos resíduos sólidos, diálogos com os funcionários, observação da dinâmica dos moradores, funcionários e ambiente, e entrega do questionário.

Para a comunicação com os moradores e aplicação dos questionários foram utilizadas duas estratégias: a utilização de mensagens encaminhadas pela síndica por meio do aplicativo WhatsApp com o link do formulário (<https://bit.ly/RESPONDER-AGORA>), para todos os moradores; e panfletos alocados nos 3 elevadores – 2 sociais e um de serviço -, da torre do condomínio. Os panfletos continham um QR Code que direcionava ao link do Formulário.

Os dados da visita técnica *in loco* foram registrados em formato de anotações e registros fotográficos; os obtidos por meio da entrevista e questionário no prazo definido para recebimento das respostas foram agrupados, tabulados, analisados de acordo com literatura pertinente para elaboração do diagnóstico da gestão de resíduos atual no condomínio vertical.

2.3 Amostragem e caracterização dos resíduos

Para a caracterização física dos resíduos, foram determinadas a composição gravimétrica (%) e a geração per capita ($\text{kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) a partir de referenciais teóricos. Monteiro *et al* (2001) traz, no Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos, a geração per capita estimada conforme o tamanho da cidade e do número de habitantes, e esse foi o referencial utilizado nesta pesquisa.

Para se estimar a gravimetria foi utilizado como referência à identificação da composição média do lixo domiciliar brasileiro de acordo com os estudos de Pereira Neto (1991), apud GUADAGNIN (2009).

2.4 Proposta de melhoria do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)

A proposta foi elaborada tendo como base a Lei 12.305 (BRASIL, 2010). Dessa forma, inicialmente houve a descrição do condomínio vertical e diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, classificação dos resíduos - conforme NBR 10004 (ABNT, 2004) -, e cálculo do

volume de resíduo gerado, obtido através da fórmula de Rodrigues e Leite (2009), para que fosse traçado o fluxo de coleta e destino final que ocorria naquele momento, e a destinação correta dos resíduos do condomínio fosse pensada a partir desse cenário.

A elaboração do PGRS segue a sequência de Rodrigues (2015): diminuição da geração e aumento da reutilização dos resíduos, melhoria da segregação, do acondicionamento e do armazenamento, e destinação final compatível com o tipo de resíduo manuseado.

Para o acondicionamento correto a partir das cores, os coletores seguiram a RESOLUÇÃO nº 275 (CONAMA, 2001). A proposta de coleta dos resíduos para destinação final foi elaborada a partir da classificação dos mesmos pela NBR 10004 (ABNT, 2004), e o novo PGRS foi proposto ao condomínio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Visita técnica *in loco*

As visitas técnicas *in loco* e a realização da entrevista semiestruturada, com o encarregado de serviços gerais do condomínio, possibilitaram o conhecimento da situação atual e a construção do diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos.

Os resíduos do condomínio vertical eram recolhidos todos os dias no mesmo horário, exceto em feriados, por uma funcionária responsável. Apenas plástico e papel/papelão eram considerados pelo condomínio como resíduos recicláveis, e estes eram armazenados em um depósito de 5,10 m², localizado dentro da área comum do condomínio, e acondicionados em um único saco de aproximadamente 400 l (litros), que atinge seu volume total em uma semana.

No percurso ao local de armazenamento e acondicionamento dos resíduos recicláveis não havia nenhuma sinalização. Esse fato foi relevante tanto para a etapa de diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos atual quanto para a elaboração do PGRS.

A coleta dos resíduos recicláveis - plástico e papel/papelão - era realizada toda terça-feira pela Cooperativa dos Agentes Autônomos de Reciclagem de Aracaju (CARE). Os outros resíduos (vidro, metal, matéria orgânica e outros - incluindo, muitas vezes, pilhas, baterias, medicamentos vencidos) ficavam armazenados em um local externo ao lado da garagem, em 5 tonéis - cada um com aproximadamente 200 l (litros) que enchiam completamente e eram coletados diariamente, exceto aos domingos, pelos serviços de coleta urbana municipal.

3.2 Levantamento de dados a partir do Questionário aplicado aos moradores

Dos 176 moradores apenas 52 responderam ao questionário, 42,2% dos moradores afirmaram possuir uma renda familiar mensal - ou seja a soma da renda de todos do apartamento no mês - de mais de 15 salários mínimos, evidenciando ser um condomínio de alta renda.

Segundo Monteiro *et al* (2001), quanto maior o poder aquisitivo, maior o consumo de supérfluos, e isso acarretará numa maior incidência de materiais recicláveis e menor incidência de

matéria orgânica. Dessa forma, é provável que a porcentagem de matéria orgânica do condomínio vertical seja menor do que a estimada através da média brasileira (52,5%).

Quando questionados sobre o conhecimento do que é coleta seletiva, 78,8% afirmaram conhecer embora apenas 15,4% realizava a separação de resíduos em sua casa. Este resultado diferiu do observado por Nakano (2019), num estudo realizado em condomínio vertical na cidade de Londrina (PR), pois 97% dos moradores afirmaram separar os resíduos em suas casas.

Essa divergência nos resultados, sendo o de Londrina positivo, pode ser explicada quando analisada a coleta seletiva em cada município. Em Londrina, a coleta seletiva é realizada em 100% da área urbana, totalizando 230.095 domicílios, recolhendo, em média, 7.375.287 kg de material reciclável por ano, que será encaminhado para reciclagem (CMTU, 2018). No município de Aracaju, de acordo com Andrade (2019), a coleta seletiva ocorre por meio de catadores autônomos ou por cooperativas, e o principal problema apresentado pela administradora de uma das cooperativas é a pequena quantidade de material reciclável recebida diariamente e que se faz necessária a ampliação da participação da população.

Os resíduos, pilhas e baterias, óleo de cozinha e medicamentos vencidos, apresentam um potencial poluidor caso sejam descartados incorretamente, e de acordo com a Lei 12.305 (BRASIL, 2010), da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, deve-se implantar a logística reversa a fim de reduzir impactos ambientais.

De acordo com o resultado obtido no questionário, 73,1% dos moradores descartam as pilhas e baterias no lixo comum e 86,5% dos moradores jogam o óleo no ralo da pia, ou seja, ambos descartados de forma incorreta.

Segundo Barbieri (2011), o descarte incorreto de pilhas e baterias pode contaminar mananciais e aquíferos, afetando a cadeia alimentar e podendo inclusive atingir os seres humanos. Já o descarte incorreto do óleo de cozinha, de acordo com Santana Jr. *et. al* (2016), além de contaminar os recursos hídricos, resulta no entupimento da rede de esgoto, e conseqüentemente no mau funcionamento das estações de tratamento.

Nakano (2019) obteve como resultado apenas 13,04% jogando no ralo da pia, e a maior parte dos moradores, 30,43%, colocando em garrafas identificadas no condicionador do condomínio. O autor ressaltou a viabilidade deste método correto de descarte através de garrafas fechadas, pois o óleo pode ser utilizado na produção de sabão.

Quanto aos medicamentos vencidos, no questionário foi observado que 90,4% dos moradores entrevistados descartavam os medicamentos no lixo comum, de forma incorreta.

Para Santos e Frizon (2019) esse descarte domiciliar, incorreto, pode estar relacionado à falta de informação do consumidor dos medicamentos. Dessa forma no plano de melhoria da gestão dos resíduos sólidos do condomínio, se faz importante pensar no destino final dos fármacos que, de acordo com Alvarenga e Nicoletti (2010), contêm substâncias que não se degradam naturalmente, e se descartados de forma incorreta podem ocasionar contaminação do solo e conseqüentemente dos lençóis freáticos, atingindo animais, vegetação e o homem.

3.3 Caracterização dos resíduos do condomínio vertical

A geração per capita ($\text{kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) foi estimada conforme o tamanho da cidade e o número de habitantes. A cidade de Aracaju- SE com população estimada em 2020 de 664.908 habitantes (IBGE, 2019) se enquadra como cidade grande com geração per capita de aproximadamente $0,8 \text{ kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, de acordo com os parâmetros definidos por Monteiro *et al* (2001).

Nesta pesquisa foram considerados os componentes: papel/papelão; plásticos; vidros; metais; matéria orgânica e outros (onde estarão os medicamentos vencidos, pilhas, baterias). A determinação do percentual de cada um desses componentes foi realizada utilizando a média brasileira da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares Pereira Neto (1991 apud GUADAGNIN 2009). Dessa forma, para a gravimetria tem-se 31,3% de recicláveis (somatório de papel/papelão, plástico, vidro, metal ferroso e metal não-ferroso), 52,5% de matéria orgânica e 16,2% de outros resíduos.

3.4 Proposta de melhoria do gerenciamento dos resíduos sólidos

Para complementar o diagnóstico da situação atual foi realizada a classificação dos resíduos sólidos de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), que classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

Os resíduos considerados como recicláveis no condomínio fazem parte dos Resíduos Classe II – Não perigosos. O vidro e o metal também classificados como Classe II - Não perigosos, porém não são segregados como recicláveis no condomínio. Os medicamentos vencidos são classificados como resíduo especial (tipo B.2 resíduo farmacêutico) de acordo com a NBR 12808 (ABNT, 1993) e os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e o óleo de cozinha, são classificados como Classe I - Perigosos, pela NBR 10004 (ABNT, 2004). Ambos sendo destinados de forma incorreta, como pôde ser visto nas respostas do questionário aplicado aos moradores e dados compilados na Tabela 1.

Tabela 1: Situação que antecede o novo PGRS

TIPO DE RESÍDUO	VOLUME GERADO	CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS RISCOS (NBR10.004/04)	DESTINAÇÃO (ANTES DO PGRS)
Papel e papelão	34,496 kg/dia	II -Não perigosos	CARE
Plástico	4,083 kg/dia	II -Não perigosos	CARE
Vidro	2,253 kg/dia	II -Não perigosos	Coleta urbana municipal
Metal	3,238 kg/dia	II -Não perigosos	Coleta urbana municipal

Matéria orgânica	73,92 kg/dia	II -Não perigosos	Coleta urbana municipal
Outros	22,809 kg/dia	Diversas classificações	Coleta urbana municipal
Total	140,799 kg/dia		

Fonte: Autoria própria (2020)

Para calcular o volume gerado por dia, Tabela 1, utilizou-se a fórmula de Rodrigues e Leite (2009), na qual o total de resíduos sólidos produzido ao dia (P_t) foi o resultado da multiplicação do número de moradores do condomínio (n) por 0,80 kg/hab/dia (geração per capita adotada), perfazendo o valor total de 140,8 kg/dia.

O resultado do P_t foi multiplicado pelo percentual de cada tipo de resíduo, Tabela 2, da composição média do lixo domiciliar brasileiro para encontrar o valor da produção diária de cada um (P_r).

Para calcular o volume gerado por dia de papel/papelão e plástico levado ao local de armazenamento dos recicláveis foi considerado o percentual de 15,4% (moradores que realizam a separação de resíduos recicláveis, papel/papelão e plástico, de acordo com as respostas ao questionário), totalizando 21,6832 kg/dia. Esse volume analisado junto à classificação dos Resíduos Classe II - Não perigosos, evidencia o potencial de reciclagem não aproveitado pelo condomínio. Dessa forma, as melhorias foram propostas a partir da criação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para o condomínio, que teve como referência Rodrigues (2015).

3.5 PGRS do condomínio vertical

3.5.1 Diminuição da geração e aumento da reutilização

Rodrigues (2015), traz a conscientização ambiental e os meios para que a mesma ocorra, como peças-chave desta etapa. A partir do questionário aplicado aos moradores, sobre comunicação e disseminação de informação, e do que foi visto no estudo realizado por Yoshida (2016) sobre a estratégia da divulgação visual, foram sugeridas melhorias nos meios de conscientização e educação ambiental.

Cartilhas virtuais podem ser enviadas via WhatsApp para os moradores, ou impressas e dispostas nas áreas comuns do condomínio ou no elevador, abordando os temas: a diferença entre lixo e resíduo, 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), o que pode ou não ser reciclado, como separar o seu resíduo, consequência da destinação incorreta, importância da coleta seletiva e reciclagem. Esses temas podem ser pautas nas reuniões de condomínio, com palestras, e no treinamento dos funcionários quanto à coleta, segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos.

3.5.2. Melhoria da segregação

Furiam e Günther (2006) em estudo sobre a avaliação da educação ambiental no gerenciamento dos resíduos sólidos no campus da Universidade Estadual de Feira de Santana indicaram a utilização de adesivos, colocados nos coletores, com a identificação do tipo de resíduo a ser descartado em cada recipiente específico, como um estímulo para a segregação correta dos resíduos.

Para adotar essa prática no condomínio em questão será necessário primeiramente o aumento do número de coletores dispostos nas áreas comuns e novos coletores na área de armazenamento dos resíduos recicláveis.

3.5.3. Melhoria do acondicionamento e armazenamento

3.5.3.1. Resíduos recicláveis

Os moradores deverão entregar os resíduos recicláveis (papel/papelão, plástico, vidro e metal) limpos - tirar o grosso com água rapidamente é suficiente, isso garante que os resíduos não sejam contaminados e inviabilize sua reciclagem -e segregados por cada tipo de resíduo à funcionária responsável pela coleta, no mesmo horário da coleta dos resíduos não recicláveis. O saco de 200 l que acondiciona os resíduos recicláveis deve ser substituído por novos coletores.

Os coletores seguirão o código de cores da RESOLUÇÃO nº 275 (CONAMA, 2001), e o volume necessário para os mesmos (Tabela 2) foi considerando que todos os moradores passem a realizar a coleta, e utilizando o dado do que era gerado de resíduo semanalmente e o valor indicado pelo Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos (MONTEIRO *et al*, 2001) para o peso específico do lixo com característica domiciliar (230kg/m³).

Tabela 2: Cor dos coletores de acordo com o código de cores e o volume necessário

TIPO DE RESÍDUO	GERAÇÃO SEMANAL	COR DO COLETOR	VOLUME NECESSÁRIO
Papel e papelão	241,472 kg/semana	Azul	1049,8 l
Plástico	28,581 kg/semana	Vermelho	124,3 l
Vidro	15,771 kg/semana	Verde	68,6 l
Metal	22,666 kg/semana	Amarelo	98,5 l

Fonte: autoria própria (2020)

O ideal é que o condomínio acondicione em sacos plásticos coloridos de acordo com as cores definidas para a coleta seletiva na RESOLUÇÃO nº 275 (CONAMA, 2001), para que facilite a entrega às cooperativas e a triagem após a coleta.

Foi planejado a distribuição de contentores com rodinhas para a área de armazenamento, 4 contentores para o papel/papelão de capacidade de 240 l (com 106 cm de altura, 57 cm de largura e 72 cm de comprimento) e 3 de capacidade de 120 l (98 cm de altura, 48 cm de largura x 55 cm de comprimento) para o plástico, vidro e metal, podendo-se utilizar contentores menores para estes dois últimos, ficando a critério da gestão do condomínio.

Para a área externa foi indicada a colocação de placas de identificação para acesso ao depósito dos recicláveis. Os novos coletores da área externa podem ser de 20 l com as cores baseadas na RESOLUÇÃO nº 275 (CONAMA, 2001). É fundamental que sejam colocados adesivos explicativos sobre o que deve ser depositado em cada um dos coletores.

Uma opção sustentável seria reutilizar bombonas de 200 l, que o condomínio já possui, necessitando apenas pintar de acordo com as cores dos resíduos, e posicioná-las no local de armazenamento. De igual maneira na área externa, as lixeiras já existentes poderiam ser pintadas e os adesivos colados para a diferenciação dos resíduos.

3.5.3.2. Resíduos não recicláveis

Os rejeitos, ou seja, os resíduos de banheiro, embalagens muito sujas, fitas adesivas, dentre outros, e a matéria orgânica irão para o local de armazenamento dos resíduos não recicláveis. Futuramente o condomínio poderia realizar compostagem com a matéria orgânica num local determinado da área comum.

3.5.3.3. Outros resíduos

Os REEE, óleo de cozinha usado e medicamentos vencidos não devem ser coletados, nem armazenados junto com os rejeitos e a matéria orgânica. Estes devem ser acondicionados e armazenados separadamente pelos moradores, para que tenham a destinação final correta.

O óleo de cozinha deve ser acondicionado em garrafas pet, de acordo com Besen (2020). Para acondicionamento e armazenamento da garrafa pet com óleo dentro de uma bombona de maior tamanho, segundo Binoto (2010), podem ser utilizadas bombonas de tamanho variável de 100 a 200 litros, sendo a opção sugerida para o condomínio analisado nesta pesquisa.

3.5.4. Destinação final compatível aos tipos de resíduos

Os resíduos recicláveis (papel/papelão, plástico, metal e vidro) serão destinados para a coleta seletiva em parceria com as cooperativas. Já os rejeitos e a matéria orgânica continuarão sendo recolhidos pela coleta urbana municipal, sendo o resíduo orgânico

O óleo de cozinha, os REEE e os medicamentos vencidos deverão ser levados pelos moradores até os pontos de coleta específicos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas e técnicas utilizadas nesta pesquisa possibilitaram o levantamento de dados para a análise da gestão de resíduos recicláveis do condomínio e diagnóstico das possíveis

falhas; a caracterização e classificação dos resíduos sólidos do condomínio para as melhorias necessárias no acondicionamento coleta e destino dos mesmos; a sugestão de um programa de sensibilização e educação ambiental, por meio da transferência de informações e ações; e elaboração de um documento do plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o condomínio vertical.

O diagnóstico da situação atual obtido foi de que o acondicionamento, coleta e destinação dos resíduos sólidos não eram adequados e necessitavam de melhorias, pois apenas papel/papelão e plástico eram considerados como recicláveis e tinham coleta seletiva e o questionário mostrou que apesar de 78,8% dos moradores saberem o que é coleta seletiva somente 15,4% realizava a separação dos resíduos recicláveis. Outros resíduos, como pilhas e baterias, óleo de cozinha e medicamentos vencidos também eram descartados incorretamente pela maioria dos moradores, 73,1% descartava as pilhas e baterias no lixo comum, 86,5% jogava o óleo no ralo da pia, 90,4% descartava os medicamentos no lixo comum, de forma incorreta.

Os resíduos foram classificados de acordo com as normas pertinentes e o volume dos mesmos foi calculado para definir a melhor forma de acondicionamento, armazenamento e destinação final. Novos coletores foram sugeridos, sendo 4 de 240 l para papel/papelão, 3 de 120 l para plástico, vidro e metal, e uma bombona de 100 a 200 l para o óleo; assim como adesivos explicativos para os coletores da área externa, cartilhas virtuais e físicas para educação ambiental, palestras nas reuniões do condomínio e treinamento dos funcionários.

Após a elaboração desta pesquisa e do PGRS ficou evidente que para as melhorias serem colocadas em prática, a sensibilização e educação ambiental serão de extrema relevância, assim como a sinergia entre moradores, funcionários e prestadores de serviço. Os próximos passos que o condomínio pode seguir após a execução desse plano de melhorias do gerenciamento dos resíduos sólidos é a realização de uma compostagem na área comum com a matéria orgânica, para que a mesma tenha destinação final adequada.

Referências

ALVARENGA, L. S. V.; NICOLETTI, M. A. Descarte doméstico de medicamentos e algumas considerações sobre o impacto ambiental decorrente. **Revista Saúde**, v.4, n. 3, 2010.

ANDRADE, A. K. F. **Avaliação da situação de coleta seletiva em condomínios residenciais de Aracaju-SE**. Monografia (graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Engenharia Ambiental, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. Disponível em: <<http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/12719>>. Acesso em: 03 set 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>. Acesso em: 15 ago 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 12808:1993. **Resíduos de serviço de saúde – Classificação**. Rio de Janeiro, 1993.

BARBIERE, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BESEN, Andréia Gema et al. **A destinação do óleo de cozinha usado e o papel da educação ambiental**. 2020.

BINOTO, Renato. **Definição de rotas para coleta porta-a-porta de óleo residual de fritura visando o reuso**. 2010.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 24 ago 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Reciclagem e Reaproveitamento**, 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento>>. Acesso em: 03 de Setembro de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Contexto e Principais Aspectos**, 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos.html>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2020.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. **Estabelece código de cores para a diferenciação de resíduos e informações para a coleta seletiva**. Brasília, DF

COMPANHIA MUNICIPAL DE TRÂNSITO E URBANIZAÇÃO DE LONDRINA (Londrina). **Coleta de Resíduos Recicláveis**. 2018. Disponível em: No prelo.

FURIAM, S. M., GÜNTHER; W.R. Avaliação da Educação Ambiental no Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Campus da Universidade Estadual de Feira de Santana. **Sitientibus**, v. 35, n. 75, p. 7-27, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/se/aracaju.html>>. Acesso em: 3 de out de 2020.

MONTEIRO, P.H.P. et al. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NAKANO, R. S. **Diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis em condomínios verticais de Londrina**. 2019. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12447>>. Acesso em: 24 ago 2020.

RODRIGUES, E. T.; LEITE, J. F. **Proposta de implementação da coleta seletiva de lixo [com o aproveitamento de garrafas pets e latas de alumínio]: no condomínio residencial prive das Laranjeiras, Goiânia-GO**. Departamento de Engenharia Ambiental. Goiânia, 2009. Disponível em: <http://www.ucg.br>. Acesso em: 2020

RODRIGUES; C D. **Proposição de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para o Centro Integrado de Operação e Manutenção da Casan (Ciom)**. 2015. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTANA C.C.S., BRITO T.B., CAVALCANTE J. S., NUNES S.G.N. Análise da percepção ambiental quanto ao descarte e reciclagem do óleo residual de cozinha. In: **Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental**. São Paulo: Edgard Blücher, p. 1162–1168, 2016 Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/24065>>. Acesso em: 13 out de 2020.

YOSHIDA, S. E. **Efetividade da Coleta Seletiva Solidária para alunos de graduação da UTFPR – Londrina**: Aspectos Ambientais e de Sensibilização. 2016. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

ZAGO, V.C.P.; BARROS, R.T.V. Management of solid organic waste in brazil: From legal ordinance to reality. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 24, n.2, p. 219-228, 2019.

CAPÍTULO 11

RECUPERAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE PÃO DE AÇÚCAR-AL

Grazielle Pereira do Nascimento¹
Luiz Eduardo de Oliveira Carvalho²

Resumo

O estudo de recuperação das nascentes no Município de Pão de Açúcar - Alagoas, tem o intuito de estimular ações voltadas à proteção hídrica como forma de melhorar as áreas de preservação permanente, bem como a sustentabilidade das pequenas propriedades, no que diz respeito aos recursos naturais, avaliando as vantagens e desvantagens de cada método e possíveis associações de metodologias voltadas ao processo de restauração das nascentes. É objetivo também, conscientizar as pessoas e orientar as comunidades de trabalhadores rurais.

Palavras-chave: Recuperação. Nascentes. Ambiental. Sustentabilidade.

Abstract

The study of the recovery of springs in the municipality of Pão de Açúcar - Alagoas, aims to encourage actions aimed at water protection as a way to improve the areas of permanent preservation, as well as the sustainability of small properties, with regard to natural resources, evaluating the advantages and disadvantages of each method and possible associations of methodologies aimed at the process of restoring springs. It is also an objective to raise people's awareness and guide communities of rural workers.

Keywords: Recovery. Springs. Environmental. Sustainability

1. INTRODUÇÃO

Considerando a extrema urgência em recuperar as nascentes que exercem um papel bastante importante para a regulação dos mananciais e manutenção dos recursos hídricos, propõe-se esse estudo de recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) das nascentes não só como ponto de partida estratégico para recuperação dos recursos hídricos, mas também para preservar a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo, gerar trabalho, manter e ampliar a beleza cênica de uma paisagem, e assegurar o bem-estar das populações humanas.

As áreas de preservação permanente de nascentes propostas neste artigo, tem por finalidade a preservação e controle das bacias no município, agregando parceiros para a realização das recuperações essenciais na qualidade hídrica e vegetal.

1.1 OBJETIVO GERAL

- Recuperar áreas de preservação permanente de nascentes, mesmo que intermitentes localizadas em área rural ou urbana com características rurais, de propriedades privadas ou públicas.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Santo Amaro. E-mail: pngrazielle@yahoo.com.br

² Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: carvalholuiz.eng@gmail.com

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Recuperar a vegetação e as funções ecológicas das APPs de nascentes pré-cadastradas adotando minimamente as seguintes etapas:
- Envolver os atores locais no projeto visando o comprometimento com os trabalhos;
- Eliminar os fatores de degradação (desmatamento, uso desenfreado dos recursos naturais, erosão e supressão sem autorização).
- Implantar técnica de recuperação por meio de plantio de árvores nativas, construção de cercas e barraginhas para diminuir o assoreamento e aumentar a infiltração de águas de chuva.
- Realizar os tratos culturais das áreas durante todas as fases por pelo menos 12 meses e monitorar as áreas conforme a técnica de recuperação escolhida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Localização geográfica do município

O município de Pão de Açúcar, situado a centro – oeste do Estado de Alagoas, com as coordenadas geográficas de 9°44'54" de latitude sul e 37°26'12" de longitude oeste na sede do município com uma altitude aproximada de 19m. Limita - se a norte com os municípios de São José da Tapera e Monteirópolis, a leste com Palestina e Belo Monte, a sul com o rio São Francisco/SE e a oeste com Piranhas. A área municipal ocupa 659,12 km² (2,37% de AL), inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião de Santana do Ipanema. O município de Pão de Açúcar/AL é constituído da sede municipal, 21 povoados, 14 assentamentos, 102 sítios, 36 fazendas e 04 comunidades quilombolas.

2.2 População do município

De acordo com o Censo/2010 realizado pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o município de Pão de Açúcar tinha 23.811 habitantes. Em 2015 o total estimado de habitantes de 24.878, e em 2018 de 24.446 habitantes, e densidade demográfica de 34,86 hab./km².

Segundo informações no IBGE, o município apresenta 17.8% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 89.6% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 3.2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 41 de 102, 9 de 102 e 80 de 102, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 3803 de 5570, 1530 de 5570 e 3813 de 5570, respectivamente.

O Sistema de Abastecimento de Água é de responsabilidade do SAAE- Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto.

2.3 Região hidrográfica

O município de Pão de Açúcar faz parte da bacia hidrográfica do Rio São Francisco e está inserida na Região Hidrográfica - RH do Sertão do São Francisco (figura 01), antes de ser unificada era dividida nas região hidrográfica Riacho Grande (1765,0km²) região hidrográfica do Rio Capiá (2223,0m²)

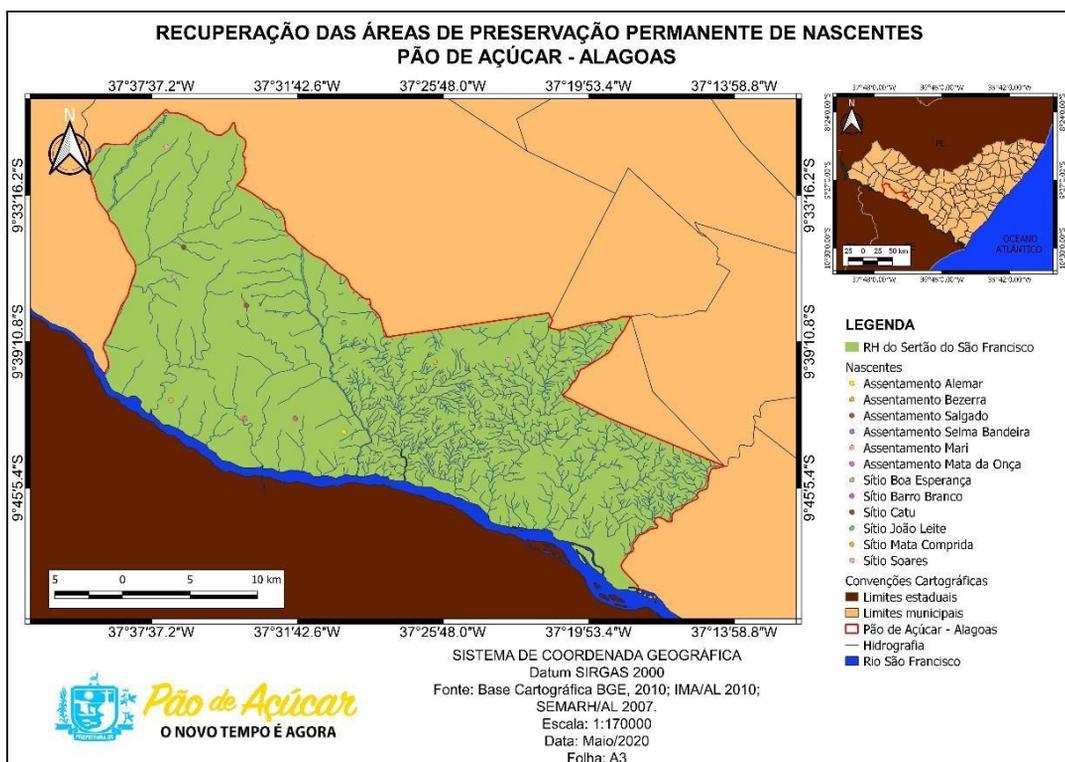


Figura 01 – Região Hidrográfica do município de Pão de Açúcar – AL. Fonte: SEMAHR/AL(2020).

Elaboração: Os autores

2.4 Recuperação das áreas de preservação permanentes de nascentes

As nascentes podem ser definidas como o afloramento do lençol freático, que vai dar origem a uma fonte de água de acúmulo (represa) ou cursos d'água (ribeirões e rios). Elas se localizam em encostas ou depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d'água local; podem ser perenes (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante as chuvas, permanecendo por apenas alguns dias ou horas) (CALHEIROS et al., 2004).

De acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa XVII - nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água; XVIII - olho d'água: afloramento natural do lençol freático, mesmo que intermitente.

Dispõe, ainda, sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006;

revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

CAPÍTULO II, DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE, Seção I, Da Delimitação das Áreas de Preservação Permanente, Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei: IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Reis, Semêdo, Gomes (2012, p. 48) Fica evidente a importância de se conscientizar os cidadãos para que atuem de maneira responsável e mantenham o ambiente saudável no presente, para que no futuro saibam exigir e respeitar os direitos próprios e os de toda a sua comunidade, o que modificará suas relações com o ambiente tanto interiormente, como pessoa quanto como ser coletivo.

De acordo com Segura (2001), a educação ambiental representa um instrumento fundamental para uma possível alteração do modelo de degradação ambiental vigente. As práticas educativas relacionadas à questão podem assumir função transformadora, o que faz os indivíduos, depois de conscientizados, se tornarem em objetos essenciais para a promoção do desenvolvimento sustentável (Segura, 2001).

A vegetação predominante no semiárido alagoano do tipo Caatinga Hiperxerófila caracterizada por vegetação arbustiva e pouco densa com forte intensidade de cactáceas e bromeliáceas (CORDEIRO; OLIVEIRA, 2010) e Caatinga Hipoxerófila caracterizadas pelo extrato arbustivo-arbóreo, com a maioria das espécies caducifólias e espinhentas, fazendo-se presentes também, espécies da mata úmida, o que lhe confere um caráter de transição entre estes biomas (ALVES, 2008).

Segundo LEAL, TABARELLI & SILVA:

“Merece destaque a multiplicidade de comunidades vegetais, formadas por uma gama de combinações entre tipos edáficos e variações microclimáticas. São inúmeras e de grande interesse a variedade de estratégias para sobreviverem aos períodos de carência de chuvas que as espécies apresentam. Muitas plantas perdem suas folhas para reduzir a perda de água nos períodos de estresse hídrico, renovando-as quando as chuvas chegam de uma forma tão rápida e espetacular que a paisagem muda quase que da noite para o dia; diversas ervas apresentam ciclos de vida anuais, crescendo e florescendo no período das águas; os cactos e bromélias acumulam água em seus tecidos e há uma predominância de arbustos e arvoretas na paisagem. Além disso, existe na Caatinga uma proporção expressiva de plantas endêmicas. Diversas destas plantas são comumente utilizadas pela população por suas propriedades terapêuticas.”

3. METODOLOGIA

As atividades serão desenvolvidas por uma equipe multidisciplinar, composta por técnicos nas comunidades de Pão de Açúcar; Assentamento Alemar; Assentamento Bezerra; Assentamento Novo Horizonte (Garrincha); Assentamento Selma Bandeira; Sítio Boa Esperança; Sítio Boa Vista; Sítio Campo Novo; Sítio João Leite; Sítio Soares; e Sítio União, coordenadas de acordo com a distância em relação ao município de Pão de Açúcar, sendo que a distância média entre as comunidades ao longo da estrada principal é de aproximadamente 70 km.

Serão realizadas palestras, oficinas e reuniões nas comunidades, sensibilizando os pequenos produtores sobre os princípios da sustentabilidade e os benefícios da preservação ambiental, além de visitas às nascentes, diagnóstico de sua situação, iniciando implantação e condução do processo de preservação/recuperação acompanhado pelos produtores.

Primeiramente, será realizado um diagnóstico ambiental da área das nascentes, contendo informações relevantes sobre a origem da degradação, caracterização regional e local, caracterização da área a ser recuperada.

Diante deste cenário, após realizado o diagnóstico ambiental a próxima etapa é avaliar e escolher as espécies nativas do bioma caatingas as quais serão plantadas em esquema de sucessão ecológica. Sucessão ecológica é todo processo ordenado de mudanças em um determinado ecossistema a partir da inserção de espécies em um ambiente antes inabitável ou degradado. Esse processo ocorre, geralmente, após uma perturbação, podendo ser uma floresta desmatada, uma região com lava vulcânica solidificada, área praiana recém separada do mar etc.

As espécies serão plantadas segundo o Grupo Ecológico e funcionais, conforme o quadro 01.

ESPÉCIES		
Pioneira	Secundária	Clímax
Rápido crescimento; vida curta; que germinam a pleno sol.	Crescimento médio; vida média; que germinam no sol e na sombra.	Crescimento lento; vida longa; que germinam na sombra.

Quadro 01 - Grupos ecológicos e funcionais

Após a etapa de avaliar e escolher as espécies, será também definida para cada APP de nascente uma técnica de recuperação conforme análise do diagnóstico ambiental. Técnica 1: Condução da regeneração natural por isolamento da área com cerca; Técnica 2: Semeadura direta; Técnica 3: Adensamento; Técnica 4: Enriquecimento com cercamento; e Técnica 5: Nucleação com cercamento

TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO	
CONDUÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL POR ISOLAMENTO DA ÁREA COM CERCA	A regeneração natural consiste em deixar os processos naturais atuarem livremente, uma vez que a área apresente plantas nativas regenerantes em alta densidade e diversidade e baixa presença de espécies invasoras (EMBRAPA, 2020).

SEMEADURA DIRETA	<p>A semeadura direta é um processo de recuperação da vegetação de uma determinada área por meio do lançamento de sementes em grande quantidade de espécies nativas com bom potencial de germinação, a qual pode ser manual, mecanizada ou ambas. Nesse processo, devem ser semeadas espécies pioneiras, em alta diversidade, ou junto com espécies secundárias, dependendo da resiliência do local (EMBRAPA, 2020).</p>
ADENSAMENTO	<p>Consiste na introdução de indivíduos de espécies do estágio inicial de sucessão (espécie de cobertura) nos espaços com falhas de regeneração natural, para acelerar a cobertura do solo por espécies nativas e aumentar a chance da regeneração natural para suprimir espécies indesejáveis. Tal preenchimento pode ser feito com <u>espécies pioneiras</u> de crescimento rápido e boa cobertura, utilizando semeadura direta ou plantio de mudas. A adição destas espécies contribui para melhorar as condições do solo e para o aumento da diversidade em áreas distantes de remanescentes de vegetação nativa. (EMBRAPA, 2020).</p>

ENRIQUECIMENTO COM CERCAMENTO	Consiste na introdução de espécies, principalmente dos estádios finais da sucessão ecológica, em áreas com melhores condições do solo já com presença de vegetação nativa, porém com baixa diversidade de espécies. É uma técnica que deve ser proposta para preencher espaços com falhas da regeneração natural. Visa a aumentar a biodiversidade aos níveis naturalmente encontrados no ecossistema de referência. Essa técnica também busca suprimir as espécies indesejáveis que estariam se estabelecendo nestas falhas. Pode ser realizado por meio de sementes ou de mudas. (EMBRAPA, 2020).
NUCLEAÇÃO COM CERCAMENTO	Consiste na formação de "ilhas" ou núcleos de vegetação com espécies com capacidade ecológica de melhorar significativamente o ambiente, facilitando a ocupação dessa área por outras espécies. Nesses núcleos há incremento das interações interespecíficas, envolvendo interações planta-planta, plantas-microorganismos, plantas-animais, níveis de predação e associações e os processos de reprodução vegetal, como a polinização e a dispersão de sementes. (EMBRAPA, 2020).

Quadro 02 – Técnicas de recuperação

Depois de todo o processo de plantio, deve ser realizadas visitas frequentes nas áreas das nascentes para efetivar-se a manutenção e monitoramento continuada área de plantio.



Figura 02 – Nascente do Bezerra, município de Pão de Açúcar – AL



Figura 03 – Nascente Selma Bandeira, município de Pão de Açúcar – AL.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As nascentes do município de Pão de Açúcar, as quais se incluem as nascentes de seus formadores, apesar do desmatamento progressivo, ainda são passíveis de serem preservadas. A execução de um projeto como o proposto, não encerra nem esgota as possibilidades de utilização das informações produzidas e divulgadas. Diante dessas dificuldades é essencial recuperar a

harmonia e o equilíbrio deste ecossistema, preservando o que se tem e reflorestando para garantir a conservação do mesmo.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A. Biogeografia. João Pessoa: Editora Fotograf, 2008. 108 p.

CALHEIROS, R. de O. et al. Preservação e recuperação das nascentes (de água e de vida). Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, Câmara Técnica de Conservação e Proteção aos Recursos Naturais, 2004. 140 p.

CORDEIRO, J. M. P.; OLIVEIRA, A. G. Levantamento fitogeográfico em trecho de Caatinga hipoxerófila, sítio Canafístula, Sertãozinho, Paraíba, Brasil. Revista OKARA: Geografia em Debate. João Pessoa, v. 4, n.1-2, p. 54-65, 2010.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Disponível em: <
http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15285/1/rele_cadastrros_Pão_Açúcar.pdf>. Acesso em 15 de abril de 2020.

DURIGAN, G; SILVEIRA, H.C. Abundância e diversidade da regeneração natural sob mataciliar implantada. Congresso florestal brasileiro. Campos do Jordão, 1999.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/regeneracao-natural-sem-manejo>. Acesso em 05 de dezembro 2020.

EMBRAPA. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/sistemas-agroflorestais-diversificados-opcao-para-recuperacao-de-areas-degradadas-producao-de-alimentos-e-geracao-de-renda>. Acesso em 05 de dezembro 2017.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/112/sistemas-agroflorestais-safs>. Acesso em 05 de dezembro de 2020.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/semeadura-direta>. Acesso em 05 de dezembro 2020.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/adensamento>. Acesso em 05 de dezembro 2020.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/enriquecimento>. Acesso em 05 de dezembro 2020.

EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/nucleacao>. Acesso em 05 de dezembro 2020.

ENCICLOPÉDIA MUNICÍPIOS DE ALAGOAS. Carlos Alberto Pinheiro Mendonça: Instituto Arnon de Mello. Leonardo Simões: Coordenação Geral. Maceió - Núcleo de Projetos Especiais, 2012. 540 p.:il. ISBN 85-99408-02-x.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Panorama do Município de Pão de Açúcar/AL. Disponível em < [https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/Pão de Açúcar/panorama](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/Pão%20de%20Açúcar/panorama)> Acesso em 15 de abril de 2020.

REGIÃO HIDROGRÁFICA. Secretaria Estadual De Meio Ambiente E Recursos Hídricos- SEMARH/AL. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/recursos-hidricos/regioes-hidrograficas>. Acesso em 15 de abril de 2020.

REIS, L. C. L.; SEMÊDO, L. T. de A. S.; GOMES, R. C. Conscientização Ambiental: da Educação Formal a Não Formal. Revista Fluminense de Extensão Universitária, Vassouras, v.2, n. 1, p. 47-60, jan/jun., 2012.

SEGURA, D. de S. B. Educação ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua a consciência crítica. São Paulo. Annablume, 2001.

CAPÍTULO 12

SANEAMENTO BÁSICO: DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DOS CONJUNTOS JARDIM
AMÉRICA E JARDIM ESPERANÇA LOCALIZADOS EM JAPARATUBA (SE)

BASIC SANITATION: PARTICIPATIVE DIAGNOSIS OF THE GARDEN AMERICA AND THE HOPE GARDEN SETS
LOCATED IN JAPARATUBA (SE)

Fernando Rodrigues da Rocha Júnior¹
Vitor Carlos Santiago Barreto²
Lays Carvalho de Almeida³
Renata Campos Escariz⁴
Nayára Bezerra Carvalho⁵

Resumo

O saneamento básico é um conjunto de serviços e infraestruturas fundamentais para desenvolver o Estado, a construção civil e preservar a natureza. Este artigo objetivou o diagnóstico participativo nos conjuntos Jardim América e Jardim Esperança em Japaratuba/SE. O procedimento realizou mediante Guia Para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico publicado pelo Ministério das Cidades e bibliografias auxiliares, como a Constituição Brasileira. Realizaram-se visitas *in loco* para aplicar o questionário, registros fotográficos do saneamento, avaliação da qualidade de água no corpo receptor e distributivo, estudos de permeabilidade de pavimento, entrevistas em órgãos responsáveis pelo saneamento e participação em audiências públicas. Tudo isso resultou em estratégias usadas para preparar diagnóstico e elaborar propostas, a exemplo, do dimensionamento de sistemas individuais de esgotamento sanitário, pré-projeto de microdrenagem, fiscalização da qualidade de água e o aumento da coleta seletiva aliada à reinserção da prefeitura ao consórcio.

Palavras-Chave: Saneamento, diagnóstico e propostas.

Abstract: Basic sanitation is a set of services and essential infrastructure to develop the State, civil construction and preserve nature. This article aimed at the participative diagnosis in the Jardim América and Jardim Esperança groups in Japaratuba / SE. The procedure was carried out through a Guide for the Preparation of Municipal Basic Sanitation Plans published by the Ministry of Cities and auxiliary bibliographies, such as the Brazilian Constitution. On-site visits were carried out to apply the questionnaire, photographic records of sanitation, assessment of water quality in the receiving and distributive bodies, studies of pavement permeability, interviews with bodies responsible for sanitation and participation in public hearings. All of this resulted in strategies used to prepare diagnoses and prepare proposals, for example, design of individual sewage systems, micro-drainage pre-project, inspection of water quality and the increase of selective collection combined with the reintegration of the city hall into the consortium.

Keywords: Sanitation, diagnosis and proposals.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é mencionado pela Lei 11.445 (BRASIL, 2007) da constituição brasileira como dever do Estado e do cidadão, sendo um conjunto de ações que propiciam o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, além de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Desse modo, o saneamento básico é compreendido e definido como serviço público vinculado tanto à produção de um direito

¹ Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: fernandojuni.25@hotmail.com

² Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: vitorsaant@hotmail.com

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: lays-carvalho@hotmail.com

⁴ Mestre em Construção Civil e Urbana pela Universidade de São Paulo. E-mail: renata_escariz@hotmail.com

⁵ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: nayarabc.eng.prof@gmail.com

social, quanto à produção de atividades essenciais para a coletividade, que garante de forma universal e integral e reafirma o direito à salubridade ambiental estabelecido no Estatuto das Cidades (ART. 2º DA LEI Nº 10.257/2001). Além disso, torna-se necessário compreender que para garantir a universalização dos serviços de saneamento, é preciso estabelecer melhorias no planejamento, fiscalização e regulação para satisfazer o interesse coletivo mediante importância de obras de engenharia para a melhoria da promoção da saúde pública.

Ademais, é atribuída constitucionalmente ao município à titularidade dos serviços de saneamento básico, baseado no princípio da predominância do interesse. Não obstante, apenas com a Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007), houve a inserção de forma legal do princípio de que os serviços públicos de saneamento básico são regulados e fiscalizados pelo poder público, pois, permitiu-se delegar a prestação do serviço de saneamento e sua regulação que, contudo, mesmo nos casos de gestão associada (consórcio público ou convênio de cooperação) ou de concessão, apenas teriam validade se fossem definidos no campo da política de saneamento básico e se tivessem normas de regulação que antecipassem os meios para cumprir suas diretrizes (GALVÃO JÚNIOR; SOBRINHO, 2012).

Acerca do saneamento básico de Sergipe, percebe-se que em sua grande parte, é competência do Departamento de Saneamento do Estado de Sergipe (DESO). Estabelecido como autarquia do Governo pela lei 1.965/63, o departamento foi transformado em economia mista no ano de 1969. Hodiernamente, a DESO é responsável por diagnosticar, planejar e executar obras que envolvem os serviços de água potável e esgotos sanitários em todo o território do estado (SANTANA, 2014). Destaca-se, conforme Brasil (2011), “que para se obter recursos e serviços públicos, os municípios necessitam elaborar diagnósticos com as necessidades locais, contendo conceitos técnicos de planejamento e possíveis soluções para os problemas existentes”.

Portanto, observa-se que a finalidade da participação cidadã é almejar o fidedigno envolvimento na tomada de decisões que estabelecem nada menos que a configuração do sistema, infraestrutura e atividades de saneamento dos municípios. Diante disso, para que seja elaborado um Plano Municipal de Saneamento efetivamente participativo, deve-se fazer presente a opinião da comunidade em uma elaboração conjunta com a administração pública, para que seja possível a realização do diagnóstico descritivo da real situação e, dessa forma, tomar decisões concernentes à melhoria da sociedade e do meio ambiente.

É compreensível a necessidade não só do atendimento, como também da satisfação do interesse coletivo, referente à melhoria da qualidade de vida. Por essa razão, o presente artigo tem como finalidade desenvolver um diagnóstico participativo do saneamento básico nos conjuntos Jardim América e Jardim Esperança mediante elaboração de questionário, a fim de promover uma reflexão sobre os recursos e carências; a avaliação da qualidade de água no corpo receptor e na distribuição; a identificação da presença de rede de esgoto; a verificação de periodicidade do manejo de resíduos sólidos residenciais e a disposição final

dos resíduos, além da análise da presença de sistema de drenagem mediante registros fotográficos.

DESENVOLVIMENTO

A partir de diretrizes desenvolvidas pela Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2014), foram realizadas ações correspondentes à pesquisa de estudo de caso com análise qualitativo-quantitativa do tipo descritivo-diagnóstica, visando não só os cenários atuais inseridos no que se define como saneamento básico, como a possível tomada de futuras decisões, assegurando a participação da sociedade e a administração pública, especificamente a prefeitura municipal.

A determinação da área de estudo foi feita seguindo o planejamento adotado pela cidade de Belo Horizonte (MG), que divide regiões (bairros ou áreas administrativas) com áreas próximas a um divisor de águas ou talvegues em chamadas “Áreas de Planejamento”. Ademais, levou-se em conta a indicação da FUNASA sobre a importância de associar a área de estudo a áreas em crescimento. Sendo assim, a escolha da área de estudo foi condizente com os conjuntos Jardim América e Jardim Esperança, que são áreas adjacentes e que, além de possuírem grande similaridade geopolítica, são regiões periféricas do município de Japarutuba-SE, com influência direta em zonas de expansão.

A caracterização da área foi feita por meio de pesquisas bibliográficas relacionadas ao estado de Sergipe e especificamente a cidade de Japarutuba, com a intenção de não apenas criar uma descrição do local, como também elucidar a situação da região em parâmetros estaduais. A designação abordou pontos relacionados a esferas relativas ao saneamento, levando em consideração setores de planejamento, geografia, clima e econômico-sociais. Nesse sentido, a fim de assegurar a participação da administração pública, foram requisitadas informações quanto aos órgãos responsáveis pelo saneamento básico municipal. Somado a isso, a realização da coleta de informações também contou com a participação da comunidade, por meio de entrevistas presenciais ocorridas nos dias 26 e 27 de outubro 2019. Durante as entrevistas houve a aplicação do questionário referente ao abastecimento de água, ao esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e a periodicidade do manejo de resíduos sólidos, com o intuito de avaliá-los qualitativamente e identificar os pontos com maiores deficiências. O questionário foi aplicado seguindo o conceito de amostragem não probabilística por julgamento em 20 residências das ruas dos conjuntos, abrangendo também setores de caráter comunitário, econômico e educacional, com o propósito de se obter um diagnóstico social da população (OLIVEIRA, 2001).

Como método de análise da qualidade da água, além da consulta social, foi coletada uma amostra de água tratada na torneira de uma das residências do local estudado e uma amostra de água ainda bruta no manancial que abastece a região. As amostras foram recolhidas no dia 23 de outubro de 2019, seguindo instruções fornecidas pelos ITPS (Instituto Tecnológico e de Pesquisa de Sergipe), com o intuito de avaliar os parâmetros físicos, cor e turbidez; químicos, pH, acidez, cloretos, dureza, fósforo e nitrogênio; biológicos, como a presença de *Coliformes Totais* e *Escherichia Coli*.

Os parâmetros investigados nas análises da qualidade de água seguiram a metodologia de Sperling (2014), que dispõe os critérios a serem examinados levando em consideração a sua natureza bruta. Sendo a origem da água usada para o abastecimento da região do tipo doce e superficial, o Quadro I apresenta os critérios estudados nas amostras. Vale destacar que todos os resultados, tanto na água bruta quanto tratada, foram comparados aos parâmetros das resoluções nº 357 (CONAMA, 2005) e 2.914 (CONAMA, 2011).

Quadro I – Parâmetros e métodos para análise de água superficial

Análise de Água para Abastecimento Humano				
Características	Parâmetros	Bruta	Tratada	Método
Físicas	Cor	X	X	SMEWW, 2017, 2120 C
	Turbidez	X	X	Método nefelômetro, incidência de luz em amostra.
Químicas	pH	X	X	Medidor PHmetro digital de bancada
	Acidez	X		Método Titulométrico com uso de Fenolftaleína.
	Cloretos	X		Método de Mohr com uso de NaCl, AgNO ₃ e K ₂ CrO ₄ .
	Dureza	X	X	SMEWW, 2017, 2340 C
	Fósforo	X	X	SMEWW, 2017, 3120 (ICP OES).
	Nitrogênio	X	X	SMEWW, 2017, 4500-NH ₃ F
Biológicas	Coliformes Totais	X	X	SMEWW 9223 ^a
	Escherichia coli	X	X	SMEWW 9223 ^a

Fonte: Aatoria própria

Para o diagnóstico do esgotamento sanitário, foram buscadas informações referentes às situações de lançamentos dos efluentes mediante aplicação de questionário e registros fotográficos, identificando não só áreas que não são atendidas, como também as que possuíam problemas com a falta de um adequado esgotamento sanitário.

Para orientar a elaboração do diagnóstico de drenagem de águas pluviais e conhecimento do perfil da área estudada, foi-se necessário buscar informações na prefeitura municipal sobre o planejamento urbano, verificando a existência de um Plano Diretor Municipal. Além disso, a identificação do nível de atuação em drenagem urbana e os possíveis problemas (alagamentos, transbordamentos de córregos, capacidade das tubulações insuficientes), foram feitas mediante registros fotográficos e consulta à população por meio do questionário.

Como forma de reforçar a situação atual da drenagem da região, um estudo adaptado da NBR 16416 (ABNT, 2015) foi realizado, com o propósito de analisar o nível de permeabilidade da região, por meio da verificação dos níveis de infiltração dos pavimentos existentes. O ensaio consistiu no posicionamento de um cilindro com 30 cm de diâmetro sobre o pavimento. A base do cilindro foi vedada com massa de calafetar para evitar o vazamento da água que é posteriormente inserida. Foram adicionados 3,6 kg de água para pré-molhagem do pavimento, a norma estabelece que se o tempo de infiltração da massa de água na fase de pré-molhagem for maior que 30 segundos, as duas outras fases do ensaio devem ser realizadas com a mesma massa de 3,6 kg.

Para ter discernimento acerca do manejo de resíduos sólidos, houve a busca de dados de unidades operacionais de transbordo, reciclagem, tratamento e disposição final com o auxílio dos prestadores de serviços. Já a identificação de problemas com a prestação de serviços, falta ou

descontinuidade da coleta domiciliar e da varrição e limpeza das vias, pontos de despejos clandestino, vetores, mau cheiro, foram feitas mediante consulta à população. Além disso, os pesquisadores procuraram a existência de programas de reciclagem de resíduos de construção civil, coleta seletiva de lixo reciclável, compostagem e cooperativas de catadores.

Com a intenção de obter conhecimento acerca da proposta de implantação do Aterro Sanitário de Japaratuba e opinião da população sobre o empreendimento, os pesquisadores participaram de uma audiência pública proposta pela Administração Estadual do Meio Ambiente e Secretaria de Estado do Turismo na Câmara Municipal de Japaratuba no mês de setembro. Os resultados coletados serviram como base para as propostas de melhorias dos pesquisadores, quanto ao manejo de resíduos do município.

Situada a 54 km de Aracaju, capital do estado, a cidade de Japaratuba possui uma área de 374 km² e está localizada no Leste Sergipano, um dos oito territórios agrupados pela Secretaria de Estado do Planejamento e publicados por Santos (2012), com o objetivo de facilitar a elaboração de planos e execução de ações no estado. Segundo Bomfim (2002), Japaratuba está inserida em duas bacias hidrológicas, a bacia fluvial do rio Japaratuba e a do rio São Francisco, possuindo vegetações do tipo caatinga, capoeira, cerrado e algumas regiões de mata. O clima varia de megatérmico seco a subúmido, com precipitação pluviométrica e temperatura anual média de 1.628,8mm e 25,3°C, respectivamente.

De acordo com Santos (2012), a localidade possui geomorfologia característica de planície litorânea com solo de alta permeabilidade, propiciando a formação de reservas subterrâneas. Porém, antigas linhas de praia apresentam depressões intermediárias que, durante os períodos mais chuvosos do ano (outono-inverno) propiciam a formação de lagoas e nos mais secos (primavera-verão) formam brejos. Em estudo realizado por Santos (2012), Japaratuba é considerada um município de porte médio, com influência regional nas cidades vizinhas, tais como, Japoatã, Pacatuba, Pirambú e São Francisco.

No que tange as condições das habitações, todas as 20 casas entrevistadas eram feitas de alvenaria, munidas de energia elétrica, pertencentes aos próprios moradores e 70% delas possuíam de dois a quatro habitantes. Os serviços públicos, tais como, creches, escolas e postos de saúde são de alcance da população, porém quanto ao serviço de iluminação pública, 45% dos entrevistados afirmaram ser insuficiente.

Foi constatado, através de consulta à secretaria de meio ambiente, que o sistema de abastecimento de água do município de Japaratuba é operado pela DESO – Companhia de Saneamento do Estado de Sergipe, tendo como fontes hídricas mananciais superficiais vindas da Nascente do Rio do Prata e nove poços profundos, com índices de atendimento da demanda relativamente satisfatório, apresentando em suas redes de distribuição uma cobertura de 98,64% (BRASIL, 2017). O tratamento da água usada no abastecimento da área em estudo é proveniente da Nascente do Rio do Prata e seu tratamento é tido por simples desinfecção (cloração).

Os dados do questionário mostram que 60% da população relatou a presença de vazamentos na rede abastecimento, porém todos confirmaram que os vazamentos são reparados

assim que notificados a DESO. Quanto à falta de água, 35% dos entrevistados relatou a existência em épocas de seca. Outro problema apresentado pela população está relacionado à qualidade da água, 55% classificaram-na como ruim pela alta concentração de cloro e gosto desagradável.

As coletas de amostras de água bruta e tratada feitas segundo orientação do ITPS foram levadas ao instituto para realização das análises de qualidade e os resultados foram comparados com as resoluções nº 357/2005 e 2.914/2011 do CONAMA. A Tabela I apresenta os resultados das análises e os limites estabelecidos para o abastecimento humano.

Tabela I – Resultados da Análise de Água

Resultados de Análise de Água Para Abastecimento Humano				
Características	Parâmetros	Água Bruta	Água Tratada	Limites baseados pelo CONAMA
Físicas	Cor (uH)	<0,20	<0,20	<15,00
	Turbidez (NTU)	0,46	0,92	<5,00
Químicas	pH	7,14	7,32	6,00 < pH < 9,00
	Acidez	Neutro		Neutro
	Cloretos (mg/L)	152,18		250,00
	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	208,9	209,4	500,00
	Fósforo (mg P/L)	0,050	0,050	0,020
	Nitrogênio (mg NH ₃ /L)	0,20	<0,012	3,70
	Biológicas	<i>Coliformes Totais</i>	Presença	Presença
<i>Escherichia coli</i>		Presença	Ausência	Ausência

Fonte: Autoria própria

Pode-se notar o não enquadramento das amostras em alguns dos limites estabelecidos pelas resoluções 357/2005 e 2.914/2011 do CONAMA, tanto na presença elevada de fósforo, quanto na presença de *coliformes totais* na água tratada. Observa-se que o tratamento da água foi eficaz no combate da bactéria *Escherichia coli*, pois a mesma estava presente na água em seu estado bruto e não foi encontrada na amostra de água tratada. Segundo Sperling (2014), os *coliformes totais* (CT) são formados por um grande número de bactérias, mas embora sua presença, segundo a resolução 2.914/2011, sirva como indicador de ocorrência de microorganismos patogênicos, não existe uma relação direta entre a quantificação e identificação das bactérias patógenas.

A elevada quantidade de fósforo na água não atinge diretamente a saúde da população, mas o parâmetro químico está associado ao crescimento de algas, o que pode causar a eutrofização do manancial ou crescimento desse tipo de organismo em reservatórios. Com realação à turbidez, o aumento do seu valor na amostra de água tratada pode estar relacionado à presença de partículas suspensas advindas no decorrer da rede de abastecimento (SPERLING, 2014).

Portanto, é compreensível que o município deva ter o interesse em preservar a área do manancial. Além disso, para se chegar à qualidade da água em padrões de potabilidade, é necessário ter a verificação de características que estão em desconformes com o padrão de potabilidade da água e de outros fatores de risco à saúde, por meio da ampliação do número

mínimo de amostras e da realização de análises laboratoriais de parâmetros adicionais. Dessa forma, a Secretaria de Saúde Pública do município deve elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Ademais, por meio de dados publicados no site da Administração Estadual do Meio Ambiente, elaborados pela construtora TPF Engenharia e pela Consultora Quanta, o município de Japaratuba possui um sistema de esgotamento sanitário construído pela prefeitura municipal. Não obstante, o referido sistema se enquadra somente como rede coletora, não existindo tratamentos dos efluentes lançados antes do corpo receptor. Enfatiza-se, desse modo, que o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, não inclui a cidade de Japaratuba na lista de cidades com redes coletoras de esgoto (BRASIL, 2017).

No que se refere ao nível de cobertura da rede coletora, segundo a prefeitura de Japaratuba, o sistema atende apenas a parte central da malha urbana, região que não compreende os conjuntos estudados. O dado anteriormente citado foi corroborado pela população, pois 100% dos entrevistados afirmaram que suas residências não possuem ligação com a rede pública coletora. Por conseguinte, foi verificada a existência de ligações clandestinas de esgotos sanitários ao sistema de drenagem, refluxo dos efluentes domésticos e obstrução ao escoamento por projetos mal concebidos, ver Figura I.



Figura I – Lançamento, refluxo e obstrução dos efluentes domésticos

Fonte: Autoria Própria

Um dos problemas detectados através do questionário foi o mau cheiro ocasionado pelo lançamento de efluentes a céu aberto. O esgotamento não lançado nas ruas é oriundo dos dejetos humanos que, em sua totalidade, são dispostos em fossas negras, segundo 100% dos entrevistados. A função da fossa negra pode ser associada à função de um sumidouro, dispositivo normatizado pela a NBR 13969/97, que é responsável pelo lançamento do efluente no subsolo. A diferença alarmante entre os dispositivos anteriormente citados, é que o sumidouro lança um resíduo previamente tratado, enquanto a fossa negra lança o resíduo no subsolo sem nenhum tratamento, o que causa a contaminação do solo e lençol freático. A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018) afirma que a falta de tratamento ideal de esgoto está relacionada a um grande número de doenças, como a diarreia, hepatite A, esquistossomose e tracoma.

Dessa forma, com o objetivo de interromper a disposição de esgoto a céu aberto e o uso de fossas negras, foi proposto a adoção de sistemas individuais por meio das NBR 7229/97 e 13969/97, que visam a construção e operação de sistema de tanques sépticos, filtros anaeróbios e sumidouros para o tratamento de esgoto. O cálculo para o dimensionamento dos dispositivos pode ser realizado mediante informações coletadas, tais como, o número médio de pessoas por habitação encontradas por meio da aplicação do questionário, a temperatura média do mês mais frio na cidade segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para a disposição final do esgotamento sanitário é proposta a adoção de um sumidouro, visto que, segundo Bomfim (2002), toda a sede do município é composta por solos com areias finas e areias grossas com níveis argilosos, que se caracterizam pela baixa fertilidade natural, textura muito arenosa, grande profundidade efetiva e drenagem excessiva.

Além disso, é proposto pelos pesquisadores a realização por parte da Administração Pública de campanhas educacionais de sensibilização ambiental, como, por exemplo, a propagação de panfletagem, projetos voltados para população, que envolvem questões de saúde, vetores e poluição dos corpos hídricos, no intuito de ascender a conscientização sanitária e do meio ambiente.

Alusivo a drenagem de águas pluviais, durante a coleta de informações realizadas na prefeitura municipal, os pesquisadores não encontraram informações pertinentes à rede de drenagem existente na região, todavia, foram encontrados elementos de microdrenagem danificados, como, por exemplo, boca de lobo e sarjeta nas ruas dos conjuntos, ver Figura II.

Figura II - Danificação de boca de lobo e sarjeta



Fonte: Autoria própria

A aplicação do questionário revelou que todas as ruas da região são pavimentadas e que há ocorrência de problemas nos meses chuvosos, como alagamento e retorno de esgoto. Vale ressaltar que, de forma espontânea, os moradores informaram aos pesquisadores que a região hoje habitada era uma grota, para onde escoava toda a contribuição de água das regiões adjacentes. Para um melhor entendimento dos cursos de águas pluviais na superfície da área de estudo, foram marcados nove pontos em locais considerados estratégicos pelos pesquisadores a partir da visita *in loco*, com o uso da ferramenta digital Google Earth Pro (2019). A ferramenta

permitiu o levantamento das altitudes dos pontos escolhidos e a visualização mais ampla da região.

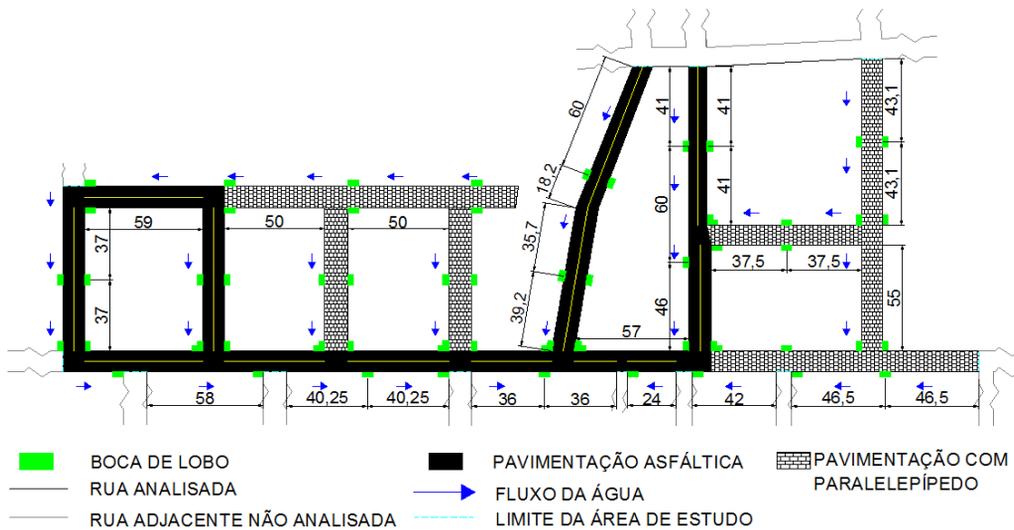
Destaca-se, em termos de pesquisa, que toda a área estudada apresentava pavimentação de vias feitas com uso de paralelepípedo e que houve a sobreposição com asfalto em algumas delas, não sendo executada nenhuma prática compensatória no sistema de drenagem. Em virtude da inexistência de bocas de lobo na maioria das vias e mudança de pavimentação citada, um ensaio recentemente incorporado pela NBR 16416 (ABNT, 2015) foi realizado, para a verificação da permeabilidade do pavimento por meio do cálculo coeficiente de permeabilidade seguindo a Lei de Darcy. O ensaio no pavimento asfáltico foi interrompido ainda na fase de pré-molhagem, por consequência da não infiltração da água. A NBR 16416 (ABNT, 2015) determina que os pavimentos permeáveis recém-construídos devem possuir valores superiores a 0,001 m/s, valor muito acima do apresentado pelo pavimento composto de paralelepípedo. É importante ressaltar o fato da pavimentação não ser nova, porém, ainda assim, os resultados comprovam a impermeabilidade de ambos os pavimentos utilizados na região.

A combinação da impermeabilização do solo, a falta de dispositivos coletores, a contribuição de esgoto na rede de drenagem e uma alta precipitação, resultaram no desmoronamento de cinco casas da região no mês de julho de 2019, além de causar a interdição temporária de outras residências da Rua México, localizadas em área de encosta. O incidente aconteceu durante a madrugada do dia 11 julho de 2019 e foi presenciada pelos próprios pesquisadores, a defesa civil do estado compareceu ao local e isolou a área. Destaca-se, que região do desmoronamento recebe a contribuição de toda a água e esgoto da área estudada, estando localizada a jusante, ou seja, no ponto mais baixo dos conjuntos. Durante a realização das entrevistas com a população, foi informado que a área sofria alagamentos durante os meses mais chuvosos, ocasionado pelo transbordo da galeria de drenagem frequentemente obstruída.

Como proposta de melhoria para a drenagem urbana, os pesquisadores elaboraram um pré-projeto seguindo o Manual de Drenagem Urbana da Cidade de Toledo PR (SUDERHSA, 2017), que recomenda a construção de bocas de lobo com um distanciamento máximo de 60 metros, quando a capacidade da sarjeta não é verificada. O manual também sugere que instalação seja realizada em ambos os lados da rua e que estejam localizadas um pouco a montante das faixas de pedestres, evitando o cruzamento da população pela corrente de água. Associa-se a mesma explicação ao tráfego de veículos à vazão que cruza as interseções e atrapalha a passagem do veículo, situação recorrente nos cruzamentos de ruas da região estudada.

Dando importância aos pontos anteriormente citados e tentando proporcionar alternativas para o manejo das águas pluviais, evitando a disposição de toda água em um só local como é realizado atualmente na região, a proposta de melhoria na rede de drenagem pode ser observada na Figura III.

Figura III – Pré-projeto de localização de bocas de lobo



Fonte: Autoria própria

Relativo ao sistema de manejo dos resíduos sólidos urbanos do município de Japaratuba, sua administração é realizada pela prefeitura municipal por meio da Secretaria Municipal de Obras, tendo a prática de desconcentração administrativa, com a execução dos serviços de limpeza urbana sendo total ou parcialmente terceirizada por duas empresas – a LOC Construções e Empreendimentos Ltda e a ESTRE Ambiental S.A - que têm a responsabilidade de executar todos os serviços, seja de coleta, seja de disposição final dos resíduos sólidos.

A pesquisa com a população proporcionou informações acerca da frequência e tipo de coleta de resíduos. O serviço de coleta é realizado de segunda a sábado, não havendo coleta seletiva ofertada pela LOC, no entanto, um dos entrevistados afirmou que realiza a separação dos seus resíduos de forma independente e os entrega a coletores de cidades vizinhas. Em relação à varrição, foi observada que sua frequência na sede municipal é feita diariamente. Ademais, pode-se constatar, também, que a coleta de resíduos de construção e demolição (entulho) de todas as habitações pesquisadas é efetuada pela própria prefeitura, sempre que solicitada.

No que tange ao destino dos resíduos sólidos, foi verificado que eles são encaminhados para aterro sanitário do Centro de Gerenciamento de Resíduos - CGR da empresa ESTRE Ambiental, que tem sua localização no município de Rosário do Catete, desde que o lixão de Japaratuba foi desativado, seguindo a Lei 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ressalta-se que há disposição de resíduos no vazadouro a céu aberto da cidade, denotando ainda o seu uso.

Além disso, no mês de setembro do ano em curso, os pesquisadores compareceram a uma audiência pública realizada pela ADEMA na Câmara Municipal de Japaratuba, tendo como objetivo a apresentação da proposta de construção do Aterro Sanitário de Japaratuba. O projeto propõe que o empreendimento seja gerido pelo Consórcio de Saneamento do Baixo São Francisco, em parceria com os catadores de lixo da cidade, prática utilizada pelo consórcio em outros municípios, no entanto, a Cooperativa Ambiental de Reciclagem de Japaratuba encontra-se desativada desde que o lixão foi interditado. Salienta-se o fato de que a prefeitura municipal não faz parte do Consórcio de Saneamento do Baixo São Francisco, apenas aceitou sediar o

empreendimento que, caso aprovado, seria construído em terreno privado. Nenhum dos entrevistados durante a pesquisa feita nas residências da área estudada participou da audiência pública, apenas 20% tinham conhecimento sobre a proposta de implantação e 65% dos entrevistados são contra.

Como proposta de melhoria no manejo de resíduos sólidos, os pesquisadores propõem a prática da coleta seletiva de resíduo sólido, tendo em vista que o mesmo é encaminhado a um centro de gerenciamento, mas continua sendo coletado do mesmo modo de quando era disposto em lixão. O objetivo poderia ser alcançado de forma mais prática e efetiva se a prefeitura municipal voltasse a fazer parte do consórcio de saneamento e os catadores da cidade, agentes que já possuem prática na coleta seletiva de resíduos, fossem reativados atuando de forma efetiva com a população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destarte, compreende-se que o estudo do diagnóstico descritivo realizado a nível preliminar por meio da aplicação de questionário, foi de suma importância para verificação da realidade da comunidade e a partir de uma análise técnica dos resultados, pode-se verificar a necessidade de várias melhorias concernentes ao saneamento básico municipal.

O abastecimento de água apresentou desconformidade através da constatação da presença de *coliformes totais* na amostra de água tratada e um número de fósforo igual a 0,050 (mgP/L), superior ao limite de 0,020 (mgP/L) previsto. É apontado como soluções, o aumento do número de amostras e parâmetros de qualidade da água, além da efetiva participação da Secretaria de Saúde na fiscalização. Relativo ao esgotamento sanitário, o lançamento de esgoto a céu aberto resultante da falta de uma rede coletora nos conjuntos, traz mau cheiro e risco a saúde da população e meio ambiente. Visando o fim da disposição irregular de esgoto, os pesquisadores projetaram um sistema de tratamento individual com eficiência total estimada de 92,92%, composta por uma fossa séptica retangular com capacidade superior aos 2,108 m³ necessários, um filtro circular com 0,95 m de diâmetro e 1,2 m de altura útil, além de um sumidouro, também circular, capaz de lançar os 400 litros diários de contribuição no solo.

A baixa presença de dispositivos de drenagem urbana e baixa permeabilidade dos pavimentos trazem riscos à população dos conjuntos, como o desabamento ocorrido no dia 11 de julho de 2019. Dessa forma, o pré-projeto de locação de dispositivos coletores nas vias é apresentado como proposta de melhoria do sistema de drenagem. Referente ao manejo de resíduos sólidos, a falta de coleta seletiva e a não participação da prefeitura no consórcio de saneamento básico, sendo o município possível sede de um aterro sanitário, são pontos de deficiência do sistema. Os pesquisadores propõem a promoção da coleta seletiva por meio da reativação da cooperativa de catadores, possível a partir da associação da prefeitura ao consórcio de saneamento. Além disso, vale ressaltar, que para o efetivo funcionamento do aterro, segundo projeto, a cooperativa de catadores deve ser reativada (SERGIPE, 2019).

Tudo isso se fez considerar de todas as variáveis sócio-culturais e ambientais envolvidas na formulação das soluções de saneamento, desde a adequação às necessidades, expectativas e valores culturais da população, até as vocações econômicas e preocupações ambientais da área estudada, pois não só fez gerar um diagnóstico da atual situação, como trouxe propostas importantes para o município de Japarutuba-SE, tendo a promoção e melhoria da salubridade ambiental e da saúde coletiva.

REFERÊNCIAS

_____. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimento. Ago. de 2015

_____. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Set. de 1997.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Set. de 1997.

BOMFIM, L. F. C.; COSTA, I. V. G.; BENVENUTI, S. M. P. **Projeto Cadastro da Infraestrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Diagnóstico do Município de Japarutuba**. CPRM, mai. de 2002.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico**.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 - **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. Mar de 2005.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 2.914 - **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Dez de 2011.

_____. IBGE. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: < www.ibge.gov.br >. Acesso em: 20 de out. 2019.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Guia Para a Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico**. 2ª Ed. Brasília. 2011.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). **Série Histórica**. Disponível em <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em 18 de set. 2019.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Política e plano municipal de saneamento básico**: convênio Funasa/Assemae - Funasa / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. – Brasília : Funasa, 2014.

GALVÃO JÚNIOR, A.C.; SOBRINHO, G.B.; SILVA, A.C. (2012). Painel de Indicadores para Planos de Saneamento Básico. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A.C. (Ed.). **Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Barueri: Manole. p. 1040-1068.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 20 de set. 2019

INSTITUTO TRATA BRASIL. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/o-que-e-saneamento>. Acesso em 01 ago. 2019.

OLIVEIRA, T. M. V. de; **Amostragem não Probabilística: Adequação de Situações para uso e Limitações de amostras por Conveniência, Julgamento e Quotas**. FECAP USP, Vol. 2 nº3, set. 2001.

SANTANA, J. L. **História do Saneamento Básico em Sergipe**. Aracaju, J. Andrade. 2 ed. 2014.

SANTOS, V. M.; ARAÚJO, H. M. **Geografia de Sergipe**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2012.

SERGIPE, Secretaria Nacional de Desenvolvimento do Turismo em Sergipe. **Elaboração de Estudos de Viabilidade e de Projetos Básico e Executivo para a Construção de Aterros Sanitários**. Disponível em: <https://www.adema.se.gov.br/>. Acesso em : 20 de set. 2019.

SUDERHSA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **MANUAL DE DRENAGEM URBANA**. Volume 1. Toledo-PR, Agost. 2017.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Editora UFMG, Jan. 2014.

WHO. **Guidelines on sanitation and health**. Oct. 2018.

CAPÍTULO 13

SEGURANÇA DO TRABALHO E MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

WORK SAFETY AND THE ENVIRONMENT: A SYSTEMATIC REVIEW

Jandira Sousa Oliveira¹

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar e analisar, através de revisão sistemática, a produção acadêmica referente a artigos publicados no campo da Segurança do Trabalho produzidas entre os anos de 2015 a 2020 que são relacionados com o meio ambiente. Assim, foram encontrados 22 trabalhos acadêmicos. Após a leitura do título dos artigos restaram 15 textos. Após a leitura dos resumos sobraram 12 e depois da leitura na íntegra dos textos restaram um total de 5 artigos selecionados, que compõem a análise da pesquisa. Após a apresentação dos artigos selecionados foi possível perceber que os estudos que relacionam a segurança do trabalho e os riscos com o meio ambiente, apresentam uma grande diversidade em seus temas. Os cinco estudos discutiram: drenagem de esgotos; manejo de camarões; riscos biológicos em cemitérios; agravos causados por poeira e ruídos sonoros e pedreira; contaminação de fonte subterrânea de água mineral por combustível automotivo.

Palavras Chave: Segurança do trabalho; Meio Ambiente; Revisão sistemática.

Abstract

This article aims to present and analyze, through a systematic review, the academic production referring to articles published in the field of Work Safety produced between the years 2015 to 2020 that are related to the environment. Thus, 22 academic papers were found. After reading the title of the articles, 15 texts remained. After reading the abstracts, 12 were left and after reading the texts in full, a total of 5 selected articles remained, which make up the research analysis. After the presentation of the selected articles, it was possible to notice that the studies that relate work safety and risks to the environment, present a great diversity in their themes. The five studies discussed: drainage of sewage; shrimp management; biological risks in cemeteries; aggravations caused by dust and noise and quarry; contamination of underground mineral water source by automotive fuel.

Keywords: Work safety; Environment; Systematic review.

INTRODUÇÃO

Este texto é parte integrante de trabalho de conclusão de curso em Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes (UCAM).

A preocupação com as condições de trabalho e os riscos inerentes para a saúde do trabalhador existem desde a Grécia Antiga, pois de acordo com Pereira (2010) existem registros históricos de investigações lideradas por Hipócrates, tido como o “pai da medicina”, sobre as doenças que agrediam os trabalhadores gregos que atuavam na escavação de minas, muito por causa do contato deles com o chumbo, um metal pesado tóxico.

Com o advento da revolução industrial, a partir do século XVIII, a situação das condições dos trabalhadores assalariados nas fábricas era preocupante. Entretanto, apenas no século XX, estudos sobre carga de trabalho e doenças ocupacionais começaram a ser discutidos com maior frequência, sendo inclusive incluídas nas agendas políticas mundiais a partir de então.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Santo Amaro (UNISA) com Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes (UCAM).

No Brasil, o primeiro elemento legislativo referente a acidentes de trabalho foi o Decreto número 3724 de 15 de janeiro de 1919, que regulamentou as obrigações referentes aos acidentes no trabalho, principalmente no que se refere as indenizações e outras questões judiciais (BRASIL, 2019). Esse decreto pode ser considerado a pedra fundamental nas garantias jurídicas sobre a segurança do trabalho no país. Nesse caso, o termo segurança do trabalho pode ser conceituado, segundo Ferreira e Peixoto (2014), como sendo:

uma série de medidas técnicas, administrativas, médicas e, sobretudo, educacionais e comportamentais, empregadas a fim de prevenir acidentes, e eliminar condições e procedimentos inseguros no ambiente de trabalho. A segurança do trabalho destaca também a importância dos meios de prevenção estabelecidos para proteger a integridade e a capacidade de trabalho do colaborador (p. 28).

Dada a importância desse tema para o próprio desenvolvimento do país é importante que as Instituições de pesquisa produzam estudos sobre a Segurança do Trabalho em seus diferentes campos de intervenção. Assim, o objetivo deste texto acadêmico é apresentar e analisar, através de revisão sistemática, a produção acadêmica publicada entre os anos de 2015 a 2020, referente a aplicabilidade da Segurança do trabalho e sua relação com o meio ambiente.

METODOLOGIA

O estudo foi feito através de uma revisão de literatura do tipo sistemática. A revisão sistemática pode ser entendida como uma técnica metodológica rigorosa que visa “identificar os estudos sobre um tema em questão, aplicando métodos explícitos e sistematizados de busca; avaliar a qualidade e validade desses estudos, assim como sua aplicabilidade no contexto onde as mudanças serão implementadas” (DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO et al, 2011, pág. 1261).

De acordo com Sampaio e Mancini (2007) a revisão sistemática apresenta algumas vantagens em comparação com os outros tipos de revisão de literatura mais comuns. A primeira é a possibilidade de incorporar uma gama maior de resultados importantes, em oposição as limitações no que tange à leitura apenas poucos artigos. Além disso, existe a possibilidade de uma “avaliação da consistência e generalização dos resultados entre populações ou grupos clínicos, bem como especificidades e variações de protocolos de tratamento” (pág. 84).

De acordo com Muñoz et al (2002) uma pesquisa que se utiliza da técnica de revisão sistemática necessita ser organizada a partir de determinadas etapas: Inicialmente é importante que se defina um tema específico de investigação. Depois o pesquisador precisa escolher a(s) base(s) de dados para realizar a busca dos textos acadêmicos que deverão fazer parte do estudo de revisão. Em seguida se define as palavras chave que serão inseridas no buscador da base de dados. A partir daí, se procede a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão dos textos encontrados. Por fim os textos selecionados serão analisados, dentro dos critérios definidos pelo pesquisador. Ainda de acordo com Muñoz et al (2020) a discussão precisa auxiliar o leitor a entender todas as implicações referentes as evidências apresentadas, de maneira que:

Os autores devem abordar, na discussão, aspectos como: limitações metodológicas e qualidade dos artigos incluídos na pesquisa, significância dos efeitos observados,

consistência desses efeitos através dos diferentes estudos, clareza ou não da relação dose-resposta, existência de algum fator indireto que reforce a evidência, outras possíveis explicações para os efeitos observados e a aplicabilidade dos resultados. (MUÑOZ et al, 2002, pág. 4).

De acordo com Costa et al (2014), para que se possa ter um melhor direcionamento de uma pesquisa de revisão sistemática, é importante que algumas considerações sejam feitas:

O caminho natural de uma revisão sistemática é remover artigos durante esse processo por não apresentarem dados a serem extraídos, ou por não serem bem-avaliados a partir dos critérios que foram estabelecidos pelos pesquisadores. Dessa forma, não se preocupe se perceber que isso está acontecendo com seu trabalho. No entanto, dependendo do objetivo da sua revisão, mesmo artigos aparentemente problemáticos podem ser mantidos. Algumas revisões podem ter por objetivo mostrar a qualidade da produção acadêmica em determinada área, indicando problemas metodológicos. Nesse caso, estudos que não atendam satisfatoriamente os critérios de avaliação devem ser mantidos, pois refletem exatamente a qualidade do campo (pág. 62).

Assim, a coleta de dados da pesquisa foi realizada através de levantamento de trabalhos acadêmicos indexados na base de dados *Google Scholar*, no dia 02 de agosto de 2020, tendo como critérios de inclusão apenas textos em português, publicados entre os anos de 2015 a 2020, utilizando como palavra chave “Segurança do trabalho” e “ambiente”.

Assim, foram encontrados 22 trabalhos acadêmicos. Após a leitura do título dos artigos restaram 15 textos. Após a leitura dos resumos sobraram 12 e depois da leitura na íntegra dos textos restaram um total de 5 artigos selecionados, que compõem a análise da pesquisa.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Como já explicado, a amostra final selecionada para o presente estudo foi composta por oito artigos científicos publicados em revistas acadêmicas. O quadro 1 apresenta um resumo das informações dos textos selecionados.

Quadro 01 – Descrição dos artigos selecionados.

Título	Ano	Temática	Local do periódico	Local do estudo
Riscos de Acidentes do Trabalho na execução e Manutenções em Obras de Redes de Drenagem e Esgoto.	2015	Drenagem de esgoto	Mato Grosso	Cuiabá – MT
Gerenciamento de riscos na carcinicultura: análise de uma empresa do Rio Grande do Norte.	2018	Cultura de camarões	Rio Grande do Sul	Mossoró – RN
Vulnerabilidade ocupacional e ambiental dos trabalhadores de cemitérios.	2019	Riscos biológicos em Cemitérios	Goiás	<i>Estudo de revisão</i>
Contribuição da segurança do trabalho na prevenção de contaminação de solos nas áreas dos postos de combustíveis numa cidade do agreste de Pernambuco.	2020	Contaminação de fonte subterrânea de água mineral por combustível	Alagoas	Agreste de Pernambuco
Avaliação de ruído ambiental e poeira ocupacional em uma pedreira na cidade de Mirabela – Minas Gerais.	2020	Poeira e poluição sonora em pedreira	Tocantins	Mirabele – MG

Fonte: Elaboração própria, 2020.

O primeiro artigo a ser apresentado e analisado é o de Machado et al (2015), que teve como objetivo a identificação dos riscos de acidentes de trabalho, através de fotografias, das obras da Rede de Drenagem e de Coleta de Esgotos do município de Cuiabá, estado do Mato Grosso. Os registros fotográficos foram comparados com a legislação atual referente ao tema da segurança do trabalho, em especial a Norma Regulamentadora NR Nº18, além das dificuldades de implementação desta mesma Lei nas obras de saneamento básico. Através de um estudo bibliográfico, foi possível identificar possíveis efeitos danosos, tanto físico quanto mentais, além de riscos de acidentes que a prática de escavações pode ocasionar nos trabalhadores que atuam na área.

Além disso, foi possível levantar os possíveis problemas da gestão administrativa que podem ampliar os riscos de acidentes. Machado et al (2015) concluem levantando a necessidade de um maior controle, tendo a legislação trabalhista como base para sua implementação para se evitar um aumento no número de casos de acidentes de trabalho. Deste modo, os autores acreditam que este trabalho pode balizar consultas futuras de profissionais e empresas de várias áreas que se interessarem em enfrentar o problema do alto índice de doenças e acidentes causados na área de saneamento.

A pesquisa de Silva et al (2018) teve como objetivo analisar as condições do ambiente de trabalho de uma fazenda de criação de camarão, tendo como foco a verificação dos riscos e acidentes laborais e doenças ocupacionais, através de uma avaliação no âmbito de segurança e saúde em uma empresa de criação de camarão de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte.

O estudo se justifica pelo crescimento da carcinicultura no país, mas os trabalhadores também são expostos a diversas substâncias, que podem levar a um comprometimento da saúde. Dessa forma, esse estudo se baseou nas várias normas vigentes. Assim, 40 funcionários foram entrevistados, sendo que os resultados indicaram que 70% deles disseram estar conscientes no que diz respeito ao uso dos equipamentos de proteção individual. Entretanto, foram registrados uma série de acidentes, sendo que cortes e feridas representaram 65,21%. De acordo com os autores, a empresa analisada, de forma geral, cumpriu com todas as exigências legais.

A pesquisa de Souza et al (2019) teve como objetivo analisar os riscos ambientais do trabalho dos coveiros, visando identificar quais os impactos no meio ambiente produzidos pelos cemitérios. Além disso, os autores propõem soluções com vistas a minimizar os fatores de riscos dos trabalhadores e também do meio ambiente. A importância está no fato de que os cemitérios podem ser considerados um aterro sanitário exclusivo de material biológico, e assim, carregam diversos microrganismos causadores de doenças que podem colocar em risco o meio ambiente e a saúde pública, haja vista que a poluição por conta de cemitérios ocorre de forma contínua e silenciosa. Durante a execução de seu trabalho os coveiros acabam sendo expostos aos riscos ambientais específicos de sua atividade e que podem causar sérios danos à saúde do trabalhador.

Os autores observaram que os cemitérios do país, em geral, não possuem profissionais de segurança que atuem na manutenção e promoção de cursos de capacitação, além da disponibilização de equipamentos de proteção individual e coletivo. Assim, os autores indicam a

necessidade de contratação de profissionais da área de Engenharia de Segurança do Trabalho, no intuito de prevenir os possíveis riscos à saúde dos coveiros. Assim, no intuito de diminuir e até eliminar os impactos ambientais é indispensável a adequação dos cemitérios, segundo as normas regulamentares em vigência.

Bertolino et al (2020), produziram um estudo que teve como objetivo avaliar se a poeira ocupacional e o ruído ambiental produzidos por uma empresa de mineração do município de Mirabela, estado de Minas Gerais estão dentro dos níveis permitidos pela legislação. Essa pesquisa se justifica pelo fato de que a mineração é um setor de extrema importância para o país, mas que ao mesmo tempo pode causar grande degradação do meio ambiente, além de danos saúde dos trabalhadores, o que levou nos últimos anos a priorização cada vez maior de medidas de segurança e saúde por parte das empresas. Os autores utilizaram um decibelímetro para medir o ruído ambiental, além de uma bomba gravimétrica que teve como função coletar a poeira da pedreira.

Os resultados indicaram que a quantidade de poeira respirável foi considerada dentro do aceitável, mas no que se refere ao ruído do meio ambiente próximos ao britador foi percebido que ele não estava dentro dos parâmetros permitidos pelas normas atuais, o que recomenda a necessidade de uma maior proteção no que se refere aos funcionários. Os autores então sugerem para controle do ruído ambiental o uso de protetores auriculares, além da implantação do isolamento acústico em máquinas que possuem as cabines fechadas. Em relação à poeira, é necessário o uso de protetores respiratórios. Por último, é importante a implantação de programas de educação ambiental que possam ser disponibilizados pelas empresas para os seus funcionários.

O último estudo apresentado foi o de Silvestre et al (2020) que teve como objetivo identificar a contaminação do solo em áreas com postos de combustíveis num município localizado no agreste de Pernambuco, que reúne mais de 30 postos de combustíveis, além de 2 grandes distribuidoras de água mineral que atuam tanto nas cidades vizinhas, quanto em outros estados e até mesmo fora do país. Essa informação é importante porque urge a necessidade de analisar a situação em que as áreas de postos de combustíveis estão situadas, pois pode ocorrer a contaminação no solo e conseqüentemente contaminar fontes de água mineral, o que pode comprometer a sua qualidade.

Isso porque apesar de popular, principalmente nos últimos anos, o ramo dos postos de combustíveis necessita de atenção em sua instalação e manutenção, pois uma falha pequena nas suas instalações pode causar danos imensuráveis no meio ambiente. Assim, no momento em que é identificado as áreas contaminadas pelos vazamentos de combustíveis, é preciso que imediatamente seja aplicado a NR20, que é a norma que regulamenta os produtos explosivos e inflamáveis, a fim de evitar que a contaminação atinja um aquífero.

Após a apresentação dos artigos selecionados foi possível perceber que os estudos que relacionam a segurança do trabalho e os riscos com o meio ambiente, apresentam uma grande diversidade em seus temas. Os cinco estudos discutiram: drenagem de esgotos; manejo de

camarões; riscos biológicos em cemitérios; agravos causados por poeira e ruídos sonoros e pedreira; contaminação de fonte subterrânea de água mineral por combustível automotivo.

Apesar de saltos temporais de 2015 a 2018, indicando a falta de estudos encontrados publicados nos anos de 2016 e 2017, foi possível perceber um leve aumento de estudos sobre segurança do trabalho e meio ambiente, pois foram encontrados dois estudos em 2019 e dois estudos em 2020.

Dos cinco estudos analisados, apenas um foi feito através de revisão bibliográfica. Os outros foram pesquisas de campo produzidas respectivamente nas cidades de Cuiabá/MT, Mossoró/RN, Mirabele/MG e uma cidade do agreste de Pernambuco (o artigo não especifica o nome da cidade). Isso indica que três das cinco regiões do Brasil foram representadas. Apenas as regiões norte e sul não apareceram na análise.

Em contrapartida os periódicos onde os artigos foram publicados estão respectivamente nos estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Goiás, Tocantins e Alagoas. Nesse cenário, apenas a região sudeste não apareceu. Em relação as instituições de ensino superior que mantêm tais periódicos acadêmicos, duas são ligadas a Universidades públicas federais: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Universidade Federal de Tocantins; e três são mantidas por instituições de ensino superior privadas: Centro universitário da região da campanha, Faculdade Araguaia e Centro Universitário Cesmac.

A própria importância e alcance dos estudos que se referem a segurança do trabalho e sua relação com o meio ambiente pode ser observado pelas temáticas preferenciais dos periódicos que publicaram os estudos analisados. As áreas foram: Psicologia, Engenharia, Geografia, Estudos rurais, Ciências Agrárias e Meio Ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aqui retomamos o objetivo geral deste artigo que apresentou e analisou, através de revisão sistemática, a produção acadêmica publicada entre os anos de 2015 a 2020, no que diz respeito a aplicabilidade da Segurança do trabalho e sua relação com o meio ambiente.

Foi possível observar que, apesar de alguns anos não terem sido encontrados artigos, há uma tendência de aumento no número de produções acadêmicas sobre segurança do trabalho e meio ambiente. Além disso, foi possível observar que tanto instituições públicas quanto privadas mantêm periódicos acadêmicos que ajudam na difusão do conhecimento da temática analisada.

Assim, é importante que mais pesquisas sobre o tema sejam produzidos pelo país e que mais periódicos promovam, inclusive com números especiais ou cadernos temáticos sobre Segurança do Trabalho e a relação com o meio ambiente, haja vista se tratar de elementos extremamente importantes no que diz respeito as condições dos trabalhadores no Brasil.

REFERÊNCIAS

BERTOLINO, Joselane Ramos Magalhães; NOBRE, Savia Batista; MORAIS, Danilo Souza Dias de. Avaliação de ruído ambiental e poeira ocupacional em uma pedreira na cidade de Mirabela – Minas Gerais. **Revista Tocantinense de Geografia**, v. 9, n. 17, p. 20-31, 18 fev. 2020.

BRASIL. DECRETO Nº 3.724, DE 15 DE JANEIRO DE 1919. **Regula as obrigações resultantes dos acidentes no trabalho.**

COSTA, Angelo Brandelli; ZOLTOWSKI, Ana Paula Couto. Como escrever um artigo de revisão sistemática. In: KOLLER, Silvia H.; COUTO, Maria Clara P. de Paula; HOHENDORFF, Jean Von (Orgs.) **Manual de Produção Científica**, Porto Alegre: Penso, 2014.

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, Mônica Cecília; TAKAHASHI, Renata Ferreira; BERTOLOZZI, Maria Rita. Revisão sistemática: noções gerais. **Rev. esc. enferm. USP**, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, Oct. 2011.

FELIX, Josemar Coelho et al. Proposição de melhorias em segurança por meio da aplicação do fmea: um estudo de caso em uma empresa do setor ferroviário. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 2, p. 147-156, jul. 2018.

FERREIRA, Leandro Silveira; PEIXOTO, Néverton Hofstadler. **Segurança do trabalho I**, 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2014.

FERNANDES et al. Segurança do trabalho: análises dos riscos inerentes ao engenheiro de pesca, quanto a carcinicultura. **Rev. Bras. Eng. Pesca** 10(1): 83-95, 2017.

MACHADO, et al. Riscos de Acidentes do Trabalho na execução e Manutenções em Obras de Redes de Drenagem e Esgoto. **E&S - Engineering and Science**, 2015, 1:3.

MAIA, Leonardo Caixeta de Castro; ESPINDOLA, Daniel Masini; DA VEIGA, Cristiano Henrique Antonelli. Práticas de Saúde e Segurança do Trabalho: Uma Survey em Empresas Brasileiras Exportadoras. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S.l.], v. 14, n. 2, jun. 2019.

MUÑOZ, Susana Inés Segura; TAKAYANAGUI, Angela Maria Magosso; SANTOS, Cláudia Benedita dos; SANCHEZ-SWEATMAN, Otto. Revisão sistemática de literatura e metanálise: noções básicas sobre seu desenho, interpretação e aplicação na área da saúde. In: **Simpósio Brasileiro de Comunicação em Enfermagem**, 8, 2002, SIBRACEN, Ribeirão Preto (SP). Anais... Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da USP.

PEREIRA, Daniel Augusto de Moura. Condições de trabalho e efeitos sobre a saúde dos professores da rede municipal de ensino de João Pessoa – PB. **Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. São Carlos, SP, Brasil, 12 a15 de outubro de 2010.

SAMPAIO, RF; MANCINI, MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista brasileira de fisioterapia**. São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, Feb. 2007.

SILVA, Júlio Cesar Marinho da; LIMA, Allison Ferreira de; OLIVEIRA, Carmem Sara Pinheiro de; BESSA JÚNIOR, Ambrósio Paula. Gerenciamento de riscos na carcinicultura: análise de uma empresa do Rio Grande do Norte. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, volume 20, nº 2, ano 2018.

SILVESTRE, Wilma Karlla Paixão et al. Contribuição da segurança do trabalho na prevenção de contaminação de solos nas áreas dos postos de combustíveis numa cidade do agreste de Pernambuco. **Revista Psicologia & Saberes**, v. 9, n. 16, 2020.

SOUZA, Ana Paula Pereira et al. Vulnerabilidade ocupacional e ambiental dos trabalhadores de cemitérios. **REINPG** (Online), Goiânia, v. 2, n. 1, jan./julh. 2019.

CAPÍTULO 14

TELHADO VERDE: COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA ENTRE PROTÓTIPOS EM ARACAJU-SE

GREEN ROOF: EFFICIENCY COMPARISON BETWEEN PROTOTYPES IN ARACAJU-SE

Layanny de Souza Barboza¹
Renivan Ferreira Nascimento²
Nayára Bezerra Carvalho³
Renata Campos Escariz⁴
Isabela Nascimento Souza⁵

Resumo

Neste trabalho, são apresentados os resultados de uma análise quantitativa e qualitativa da água drenada pelos telhados através da construção de protótipos de telhados verdes e de uma comparação com a água escoada de um protótipo de telha cerâmica convencional, tipo de telhado mais comum em Aracaju-SE, com o objetivo de analisar a eficiência água pluvial. Em relação a capacidade de retenção de água, o telhado verde semi-intensivo foi o que apresentou melhor eficiência quando comparado aos demais, com uma portagem média de 41,18%. No que se refere a qualidade da água escoada, tanto a água capitada do telhado verde quanto do convencional, não atenderam a NBR 15527 (ABNT, 2007) por completo, sendo indicado o uso de sistemas de desinfecção para a sua utilização.

Palavras-chave: Telhado verde. Escoamento pluvial. Água pluvial. Aproveitamento. Telha cerâmica.

Abstract

In addition, some studies show that the rainwater, captured with the aid of the green roof, can be used for some non-potable household tasks. In this paper, we present the results of a quantitative and qualitative analysis of the water drained by roofs through the construction of green roof prototypes and a comparison with the runoff water of a conventional ceramic tile model, the most common roof type in Aracaju-SE, with the objective of analyzing the efficiency of the green roof in reducing the runoff and in the reuse of the rainwater. A comparative cost budget between the three types of roofs. Regarding water retention capacity, the extensive green roof has an average of 32,48%, semi-intensive 41,18% and the conventional 6,47% in relation to the precipitated volume, using a roofing approach.

Keywords: Green roof. Rain runoff, Rainwater, Reuse, Ceramic roof tile.

Introdução

Impactos ambientais estão diretamente ligados à ação do homem. Isso decorre do crescimento populacional e efeitos da urbanização. Segundo o relatório das Organizações da Nações Unidas (2017), intitulado “Nova Agenda Urbana”, a população urbana global irá quase duplicar-se até 2050, gerando problemas de sustentabilidade e infraestrutura assim como escassez de recursos naturais.

Essas problemáticas que vêm sendo observadas incluem a demanda por recursos hídricos e a grande quantidade de solo impermeabilizado, dificultando assim o processo de drenagem dos eventos hidrológicos, causando enchentes e o aumento de temperatura da atmosfera (LAMERA, et al., 2013). Segundo dados da defesa civil, em Aracaju-SE são

¹ Graduada em engenharia civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: layannysouzaeng@hotmail.com.

² Graduado em engenharia civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: renivanferreira@gmail.com.

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: nayarabc.eng.prof@gmail.com.

⁴ Mestre em Construção Civil e Urbana pela Universidade de São Paulo. E-mail: renata_escariz@hotmail.com.

⁵ Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: souzza.isabela@gmail.com.

necessários entre 35mm e 40mm de precipitação para a cidade alagar. Em junho de 2019, ocorreram inúmeros problemas relacionados ao sistema de drenagem, onde a quantidade de chuva precipitada excedeu o volume de escoamento suportado pelo sistema de drenagem da capital, ocasionando problemas para a população (G1, 2019).

Assim, a necessidade de buscar novas alternativas que apresentem melhorias no desenvolvimento da infraestrutura urbana tem se tornado essencial. Baseada na agenda urbana, a Organização das Nações Unidas criou a agenda 2030, estabelecida em outubro de 2015, trata-se de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e norteará ações para os próximos 15 anos em áreas cruciais para a humanidade e planeta. O ODS 11 que se refere a Cidades e Comunidades Sustentáveis inclui metas que visam um crescimento otimizado sem comprometer as necessidades das próximas gerações (AGENDA 2030, 2019).

Neste cenário, algumas tecnologias construtivas que auxiliam na preservação do meio ambiente estão sendo empregadas, dentre elas pode-se citar os telhados verdes. Telhado verde é um sistema construtivo que consiste no uso de vegetação cultivada em solo tratado sobre camadas com tratamentos impermeabilizante e drenante adequados (COSTA et al., 2012).

Quando comparados com telhados convencionais, os telhados verdes proporcionam diminuição da temperatura do ambiente (BALDESSAR, 2012). Ainda, há a questão econômica, pois, sua capacidade de isolamento térmica reduz o custo com usos de resfriadores e aquecedores (VIEIRA et al., 2018). A reutilização das águas pluviais para fins não potáveis é também um aspecto positivo (NETO; AMORIM; SOUZA, 2015). Além disso, as coberturas verdes acrescentam valor à estrutura em que foi instalada, aumentando a área útil da edificação (SANTOS et al., 2017). Ainda, cita-se a estética, visto que apresenta uma melhoria na imagem ambiental dos edifícios que detêm essa tecnologia (BUDEL, 2014).

Com base nos conhecimentos apresentados e benefícios que o telhado verde pode oferecer, se faz necessário o estudo desse tipo de tecnologia. Assim, este trabalho pretende ressaltar a importância da utilização de telhados verdes através da concepção e construção de três tipos de protótipos (extensivo, semi-intensivo e cobertura de telha cerâmica), destinados à realização de experimentos que possibilitem análises quantitativas de escoamento por meio de simulação de precipitação (regador). Além disso, estes experimentos visam a coleta das águas pluviais para que sejam feitas análises físico-químicas e microbiológicas, para estudo qualitativo que aponte possíveis opções de reuso utilizando a norma vigente NBR 15527 (ABNT, 2007).

Metodologia

Caracterização da área de estudo

A área escolhida para a implantação dos protótipos foi em uma residência localizada na Rua G, número 90, Loteamento Isabel Martins no Bairro Soledade na cidade de Aracaju no estado de Sergipe. O local possui área de 30 m² e se trata de um local aberto onde possui contato direto com a água pluvial.

Levantamento pluviométrico

Para elaborar uma análise dos dados pluviométricos com a finalidade de checar os períodos com maior incidência de eventos chuvosos em Aracaju-SE, se fez necessário um estudo da série histórica de precipitações na região. Assim, foi feita uma leitura dos mapas fornecido pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após o levantamento dos valores referentes aos anos de 1989 a 2018, foi feito o cálculo da média anual desses 30 anos.

Para a avaliação dos dados de precipitação média mensal foram levantados os dados dos últimos 30 anos através de mapas mensais de cada ano disponibilizados no site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Os resultados dos gráficos são em intervalos de precipitação, assim foi necessário fazer o cálculo da precipitação média mensal.

Concepção e especificações do projeto

Foram projetados três tipos de protótipos sendo um de telhado verde extensivo, um de telhado verde semi-intensivo e outro fabricado com telha cerâmica. Os projetos foram produzidos com o auxílio do software AutoCAD, na escala 1:200. O material utilizado como base para a construção dos três protótipos foi a madeira Pinus, com inclinação de 5% para os telhados verdes e 30% para a telha cerâmica. A base para os três protótipos se trata de uma caixa com dimensões de 70 cm de largura, 70 cm de comprimento e altura de 30 cm.

Na execução dos dois protótipos de telhado verde foram utilizados lona plástica para camada impermeabilizante, argila expandida para a drenante, manta geotêxtil para a filtrante e substrato. No telhado do tipo extensivo foi utilizada grama esmeralda e no semi-intensivo foi colocada a grama esmeralda juntamente com vegetação de espécie asystasia e pingo de ouro. Para o protótipo de telha convencional foi utilizada telha cerâmica tipo capa e canal, além de duas camadas de lona que serviram como calha.

Além disso, em cada um dos protótipos foram utilizadas duas curvas 90° curtas com diâmetro nominal de 50 mm e uma bucha de redução de 50 x 40 mm que servirá de passagem para a água da cobertura até os reservatórios (galões de 20 litros) instalados na parte inferior dos três protótipos utilizados para armazenar a água drenada.

Estudo do substrato

Para a definição do tipo de substrato utilizado, foi necessário um estudo de granulometria, através do procedimento descrito pela NBR 7181 (ABNT, 1984). A metodologia utilizada para posterior comparação foi a do Sistema Unificado dos Solos (SUCS).

Obtenção de dados para a análise quantitativa

Essa etapa baseou-se na utilização de um regador com a finalidade de simular as precipitações, para posterior análise quantitativa da água escoada em razão da umidade do solo dos telhados verdes.

Foram feitas 2 medições, com o auxílio do regador de 5,1 L de volume, em cada protótipo, no intervalo de 24 horas para cada ensaio, para obter um maior controle da umidade do solo. Após encher o regador totalmente, os telhados foram molhados até acabar toda a água do regador. Em seguida aguardou-se o escoamento total da água regada. Foram cronometrados os tempos de simulação de chuva, atraso de escoamento e escoamento. Após o final do escoamento total da água em cada ensaio, foi verificado o volume da água escoada armazenada nos reservatórios. Todas essas informações foram anotadas em uma planilha do Excel para posterior análise. As medições foram feitas nos dias 13/09/2019 e 14/09/2019.

Em seguida foram calculadas as respectivas vazões, através da razão entre o volume de água escoada e o tempo de escoamento da água precipitada.

O cálculo de porcentagem de eficiência dos telhados foi feito em razão da quantidade de água precipitada pelo regador (5,1 L) e do volume de água escoada em cada um dos telhados. Os valores referentes à eficiência, baseiam-se na quantidade de água retida nos protótipos. Todos os valores obtidos serviram de base para posteriores comparações com outras referências bibliográficas.

Obtenção de dados para a análise qualitativa

Foram levantadas as características da água drenada pelos protótipos baseadas em parâmetros físico-químicos como: turbidez, cor aparente e potencial hidrogênio; e microbiológicos: Coliformes totais e termotolerantes. A escolha desses parâmetros foi feita baseada na norma NBR 15527 (ABNT, 2007).

Nessa etapa foi considerado que caso as medições ocorressem em período chuvoso seriam coletados aproximadamente 2 L da água da chuva de cada protótipo para posterior análise. No caso de as medições ocorrerem em períodos não chuvosos, seria feita a coleta de água de uma cisterna da região, em seguida a simulação da precipitação em todos os protótipos, com a água coletada, e com a água escoada e armazenada, seria feita a análise.

Uma fração da água armazenada nos galões instalados nos protótipos, foi armazenada em garrafas PET devidamente limpas e esterilizadas e transportadas ao laboratório para posterior análise. Os ensaios de turbidez, pH, cloro residual livre, cor aparente, foram realizados no laboratório da Universidade Tiradentes (UNIT), campus Farolândia. A outra fração dessa água coletada, foi levada ao Instituto de Tecnologia e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS), onde foram realizados os ensaios de coliformes totais e termotolerantes. O ensaio foi realizado na data 13/11/2019. O método empregado na realização das análises foi o “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater”.

Resultados e conclusões

Levantamento pluviométrico

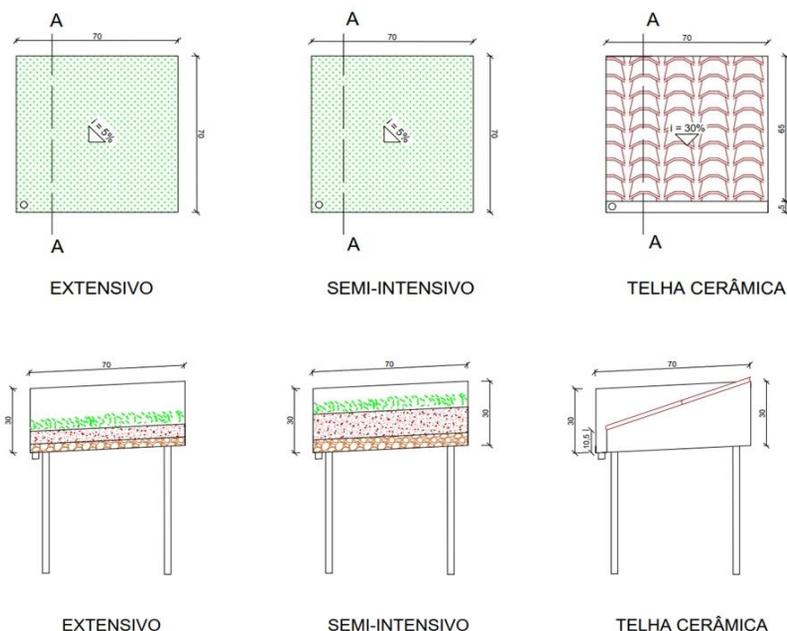
O valor médio para precipitação anual dos últimos 30 anos foi de 1180 mm, um pouco acima do valor médio para os últimos 5 anos, onde obteve-se uma média com valor igual a 1080 mm. Na a precipitação média acumulada anualmente, foi possível observar um maior volume de chuvas no ano de 1989, e menores volumes nos anos de 1993, 2012 e 2016. Para os resultados dos valores médios mensais dos últimos 30 anos, os meses de maio e junho alcançado os maiores índices pluviométricos.

Além disso, ficou evidente que as chuvas são mais abundantes nos meses de abril a agosto, tendo seu ponto máximo no mês de maio. Nos demais, os índices pluviométricos caracterizam o período de estiagem sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro os mais secos.

Elaboração de projetos

Como mostrado na Figura 01 os projetos dos três protótipos possuem dimensões de 70 x 70 cm com inclinação de 5% para os telhados extensivo e semi-intensivo e de 30% para o protótipo de telha cerâmica e foram desenvolvidos com o auxílio do software AutoCAD. Além disso, a Figura 01, evidencia que as camadas do protótipo de telhado semi-intensivo são mais espessas que a de telhado extensivo. As caixas dos protótipos possuem 30 cm de altura e no protótipo de telha cerâmica possui uma estrutura de apoio e inclinação para as telhas.

Figura 01 – Projeto dos três protótipos



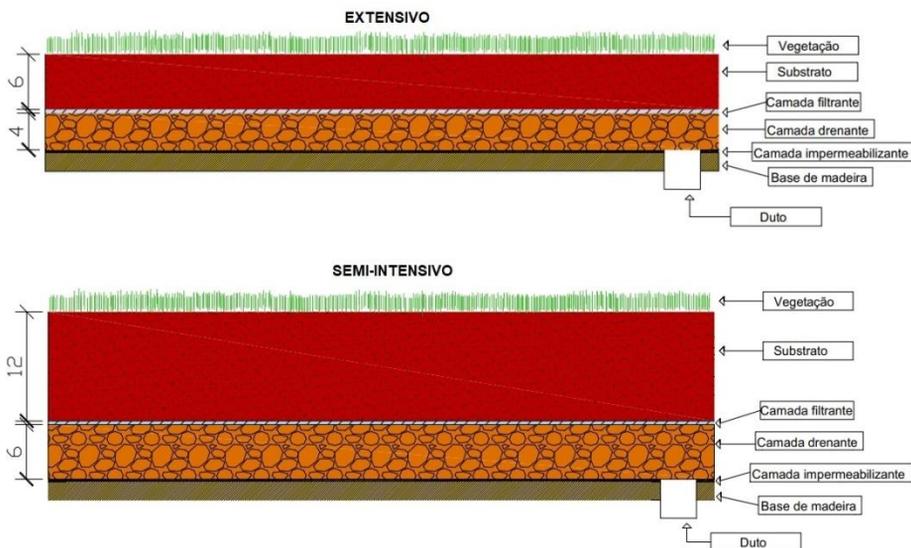
Fonte: Autoria própria

Estrutura e composição dos telhados verdes

A composição dos protótipos de telhados verdes foi construída com base no modelo mais convencional e simples de um telhado verde e constitui-se de basicamente 5 camadas, como mostra o corte esquemático dos telhados na Figura 07. Existem também outras variações onde se adicionam camadas, como por exemplo, na utilização de uma camada de manta antirraiz ou uma

camada de substrato rígido. Essa composição depende de fatores como a conveniência do usuário, espaço disponível, custo, capacidade de suporte e posição da área desejada (JOBIM, 2013).

Figura 02 – Corte esquemático do telhado verde extensivo e semi-intensivo



Fonte: Autoria própria

Cada camada desempenhou uma função para garantir o bom desempenho do telhado verde. A camada de vegetação, possui a finalidade de absorção da água da chuva. A segunda camada é o substrato que auxilia no fornecimento de água e nutrientes para as plantas, sua espessura varia conforme a escolha da vegetação (SANTOS et al., 2017); A próxima camada é a filtrante, com a função de capturar as partículas que são levadas pela água da chuva (SILVA, 2011); Em seguida, a camada drenante, que auxilia no processo de drenagem da água da chuva; A quinta e última camada é a impermeabilizante e possui a função de impedir a infiltração de água na estrutura (JOBIM, 2013).

Caracterização dos substratos utilizados

Após o peneiramento e pesagem, foram obtidas as porcentagens do solo passado acumulado em cada peneira e foi construída a curva granulométrica, onde foram identificadas as porcentagens granulométricas do substrato. Obteve-se 5,18% de areia fina, 21,7% de areia média, 27,42% de areia grossa e 45,38% de pedregulho. Esses valores encontrados foram analisados de acordo com a tabela da SUCS, e foi constatado que o solo se enquadra no tipo “areia ou solo arenoso”.

Segundo Baldessar (2012), em telhados verdes, é recomendável utilizar solos de aspecto arenoso e com granulometria maior do que a das areias, silte e argila com aspecto arenoso. Sendo assim, o tipo de substrato estudado coincide com o recomendado, já que na análise, não foram encontradas porcentagens de silte e argila e as maiores frações são de pedregulho e areia grossa.

Construção dos protótipos e montagem dos telhados verdes

As bases dos telhados foram construídas em uma marcenaria localizada no município de Poço Verde-SE. Em seguida, foram transportados para a área de estudo. Para a montagem dos telhados verdes foi adotada uma metodologia baseada nas recomendações de Santos et al. (2017). Primeiro a base de madeira foi coberta com duas camadas de lona plástica. Na camada drenante, a argila expandida. Superior à camada drenante, foi colocada a manta geotêxtil. Em seguida foi distribuída o substrato. Por último, foi posta a vegetação. Para o protótipo de telha convencional, utilizamos telha cerâmica. Na Figura 03 encontram-se os protótipos.

Figura 03 – Montagem dos protótipos



Fonte: Autoria própria

Obtenção de dados quantitativos com regador

Ao longo do estudo, contatou-se que o aspecto do substrato (seco ou molhado) poderia intervir no atraso do escoamento nos telhados verdes. Dessa forma, foram simulados 2 eventos de chuva em um intervalo de 24 horas. A Tabela 01, apresenta os dados obtidos nos ensaios com o regador do dia 13/09/2019 e 14/09/2019, em solo seco e molhado, respectivamente, e a vazão da água escoada nos protótipos.

Tabela 01 – Dados obtidos com os ensaios

Dados	Telhado verde Extensivo	Telhado verde semi-intensivo	Telhado convencional
Solo seco no dia 13/09/2019			
Tempo de precipitação artificial	01'06"	01'07"	01'54"
Tempo do atraso de escoamento	00'24"	00'36"	Imediato
Tempo de escoamento	03'03"	04'07"	01'12"
Volume	3,300 L	2,600 L	4,750 L
Vazão	0,0180 L/s	0,0105 L/s	0,066 L/s
Solo molhado no dia 14/09/2019			
Tempo de precipitação artificial	01'06"	01'05"	01'04"
Tempo do atraso de escoamento	00'25"	00'33"	Imediato

Tempo de escoamento	04'32"	05'33"	01'28"
Volume	3,550L	3,400L	4,790L
Vazão	0,0131 L/s	0,0102 L/s	0,0544 L/s

Fonte: Autoria própria

Como demonstrado na tabela acima, os resultados referentes ao volume armazenado nos telhados verdes e a vazão da água escoada, condizem com o princípio de que os telhados verdes são eficazes na diminuição do volume de água que escoar regularmente em um telhado convencional.

É notório a eficiência dos telhados verdes no que se refere à redução de escoamento superficial. No tipo extensivo, obteve-se uma redução média de 32,84% em relação ao volume precipitado, no semi-intensivo a média foi de 41,18% e no convencional de 6,47%. As médias obtidas, coincidem com Santos et al. (2013), no qual alcançou-se, através de estudos em um telhado verde com vegetação tipo grama, uma média de 33,6% de água retida. Em relação ao atraso do escoamento, nota-se que no telhado convencional o escoamento é imediato, enquanto nos outros, esse atraso é mais prolongado.

Quanto ao aspecto do substrato, é possível observar que houve diminuição no volume da água escoada no solo úmido, concluindo que o solo seco possui maior eficiência na retenção de água. Entretanto, em relação ao atraso de escoamento, não foi notada uma diferença significativa, constatando que o estado do solo não influencia no retardo de escoamento, coincidindo com Bacovis e Nagali (2015), que observaram que a eficiência em reter água do telhado verde muda em relação ao seu estado inicial de saturação, mas o tempo de retardo de escoamento não.

Obtenção de dados qualitativos

Foram feitas análises com a água que passou pelo telhado convencional, que foi a própria água retirada da cisterna, uma vez que as águas das cisternas são drenadas de um telhado de telha cerâmica. Além disso, foram feitas as análises das águas após passarem pelo telhado verde extensivo e semi-intensivo. A Tabela 02, apresenta o resultado dessas análises e um comparativo com a legislação vigente.

Tabela 02 – Comparativo dos resultados com a NBR 15527 (ABNT,2007)

Parâmetro	Telhado extensivo	Telhado semi-intensivo	Telha cerâmica	NBR 15527/2007
Cor aparente	81 uH	128 Uh	4 uH	< 15 Uh
pH	7,22	7,21	7,44	pH de 6,0 a 8,0
Turbidez	5,83 uT	14,7 Ut	0,94 uT	< 2,0 uT, < 5,0 para usos menos restritivos
Coliformes totais	Presença	Presença	Presença	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Presença	Presença	Presença	Ausência em 100 mL

Fonte: Autoria própria

Através dos resultados, nota-se que no pH o telhado verde, tanto o extensivo quanto o semi-intensivo, apresentou limites dentro do estabelecido pela norma. O pH do telhado convencional também é aceitável. Esse resultado coincide com os obtidos por Ferreira (2015), que, concluiu que os valores de pH obtidos da água escoada pelos telhados verdes obedecem a padrões estabelecidos pela norma.

Nos parâmetros de turbidez, as águas escoadas pelos dois tipos de telhados verdes não atendem a norma, apenas o de telha cerâmica. Budel (2014), também chegou a essa conclusão em seus ensaios. Quanto a cor aparente, somente os valores encontrados para o telhado convencional, obedecem aos parâmetros estabelecidos pela legislação. Essa informação, também coincide com Savi (2012), quando concluiu que a coloração da água escoada pelo telhado verde apresentou teor significativamente maior.

Na análise dos coliformes totais e termotolerantes foi indicado a presença desses paramentos em 100 ml da amostra, na água escoada pelo telhado convencional, o que indica que essa água não obedece aos parâmetros propostos. Por consequência, a água escoada pelos outros telhados já estava contaminada antes mesmo da precipitação. Em razão disso, essas análises não devem ser levadas em consideração. Klein (2017), indica que a quantidade de coliformes tolerantes foram significativamente maiores na água escoada pelos telhados verdes em relação aos telhados convencionais, salientando que a presença do substrato pode ter provocado uma maior quantidade desse parâmetro no escoamento.

Dessa forma, fica nítido que a utilização da água dos telhados verdes para fins não potáveis não atende a NBR 15527 (ABNT, 2007), por completo. Budel (2014), destaca que para a utilização dessa água, é preciso a instalação de um sistema de desinfecção que elimine eventuais agentes patogênicos. Neto (2012), indica que a qualidade da água da chuva depende da existência de tratamento da água no processo de captação através de mecanismo de descarte da água nos primeiros momentos da precipitação, de filtros para folhas e de procedimentos de desinfecção por radiação, ultravioleta, cloração e filtro lento de areia.

Considerações Finais

Através dos resultados obtidos na análise quantitativa da água, conclui-se que os telhados verdes possuem uma boa eficiência no retardo do escoamento da água tanto para o substrato seco, quanto para o úmido. Além disso, o telhado verde mostrou-se eficiente na retenção da água, principalmente em solo seco. Essas informações mostram que a utilização dos telhados verdes pode contribuir significativamente na diminuição de picos de enchentes e se mostra uma alternativa funcional e sustentável para problemas de inundações nas grandes cidades, bem como todas as suas outras vantagens: vida útil do telhado, redução de ilhas de calor, isolamento térmico, proteção da edificação contra raios solares, entre outras.

Em relação à qualidade da água, somente o quesito pH atendeu a NBR 15527 (ABNT, 2007), em relação à cor aparente, turbidez, coliformes totais e termotolerantes os resultados não

foram positivos. A água escoada pelo telhado convencional não preencheu o requisito de ausência de coliformes, portanto, não atendeu totalmente a norma citada anteriormente. Para a utilização das águas provenientes dos telhados, é necessário um tratamento de desinfecção adequado da água. Tomada essa medida, poderia ser utilizada, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), em descargas de bacias sanitárias, irrigação de vegetações ornamentais, espelhos de água, usos industriais, lavagens de veículos, calçadas e pátios.

Além disso, levando em consideração que Aracaju-SE, é considerada uma cidade com altos picos de enchentes, o telhado verde se mostra como uma alternativa de solução, uma vez que os estudos mostraram que os telhados verdes reduzem o escoamento significativamente em comparação o telhado convencional. Dessa forma, conclui-se que o aproveitamento e manejo da qualidade de fontes de água como as pluviais nas coberturas das edificações, através dos telhados verdes, contribui para a minimização de problemas que decorrem da impermeabilização do solo, por meio de uma solução sustentável.

Referências

AGENDA 2030. **Objetivo 11.** Cidades e Comunidades Sustentáveis. 2019. Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br/ods/11/>>. Acesso em: 6 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água de chuva: aproveitamento em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7181:** Análise granulométrica: solo. Rio de Janeiro, 1984.

BACOVIS, T. M.; NAGALLI, A. Avaliação do desempenho hidrológico de protótipo de telhado verde extensivo. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 11, Supl. 1, 2013. S35-S42 p.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado Verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

BUDEL, M. A. **Estudo Comparativo da Qualidade da Água de Chuva Coletada em Cobertura Convencional e em Telhado Verde.** Curitiba, 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). **Dados da precipitação mensal dos últimos trinta anos.** Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

COSTA, G. B.; TANZILLO, A. A.; DE LIMA REDA, A. L.; ROCHA, A. J. F.; PINHEIRO, A. L. B. Pesquisa de graduação a serviço da responsabilidade social: educação ambiental através da introdução de telhados verdes para a drenagem urbana sustentável. In: **XL Congresso brasileiro de Educação em Engenharia.** Belém, Pará. 2012.

FERREIRA, L. A. P. Análise comparativa do atraso no escoamento, e da quantidade e qualidade de água pluvial escoada em telhado verde extensivo e de fibrocimento. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

FILHO, M. O. S.; REIS-ALVES, L. A.; SCHUELER, A.; ROLA, S. Além de um Diálogo Reservado com as Estrelas: O Processo de Formação e Transformação do Terraço Jardim ao Telhado Verde. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 1, 2015. 12 p.

- G1 SE. **Chuvas Causam Transtornos Na Grande Aracaju**. 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2019/06/07/chuvas-causam-transtornos-na-grande-aracaju.ghtml>>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual>>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- JOBIM, A. L. **Diferentes tipos de telhados verdes no controle quantitativo da água pluvial**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.
- KLEIN, L.B. **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas**. 2017. 181 f. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.
- LAMERA, C.; BECCIU, G.; RULLI, M. C.; ROSSO, R. Green roofs effects on the urban water cycle components. p. 2-4. In: **Atti del 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry**. Milano, Italy. 2013.
- LOUZADA, T. S. **Emprego de geossintéticos na construção de telhados verdes**: Análise da capacidade de retenção de água. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- NETO, F. G. V.; AMORIM, F. L.; SOUZA, I. O. P.; **Telhado verde: técnicas de aplicação e seus benefícios**. 2015. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2015.
- NETO, P. S. G. Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2012.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Nova Agenda Urbana. **Habitat III**. 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>>. Acesso em: 26 de abril de 2019.
- SANTOS, L. R. L.; LIMA, J. V. F.; NETO, L. T.; ROLEMBERG, R. R.; GONZAGA, G. B. M. **Telhado verde**: Uma proposta sustentável para construção civil. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - Alagoas, v.4, n.2, 2017. 195-206 p.
- SANTOS, P. T. S.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COUTINHO, A. P.; MOURA G. S. S.; ANTONINO, A. C. D. **Telhado Verde**: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 1. 2013. 161-174 p.
- SAVI, A. C. **Telhados verdes**: análise comparativa de custo com sistemas tradicionais de cobertura. 2012. 125 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- SILVA, N. C. **Telhado Verde**: Sistema Construtivo de Maior Eficiência e Menor Impacto Ambiental. 2011. 60 f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- VIEIRA, Z. C.; DOS SANTOS, S. C.; DA SILVA, G. B.; DANTAS, K. S. A.; DE ALBUQUERQUE, E. F. **Simulação do uso de telhados verdes prontos para atenuação de enchentes urbanas**: o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe como estudo de caso. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.39, n.2, 2018. 1-12 p.

CAPÍTULO 15

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CASCA DE BANANA COMO INGREDIENTE ECOLÓGICO
PARA FABRICAÇÃO DE BOLO

VALORISATION OF BANANA PEEL RESIDUES AS ECOLOGICAL INGREDIENT FOR CAKE MAKING

Giselly de Oliveira Silva¹
Thaís Soares da Silva²
Walber Kaíc da Silva Nunes³
Silvana Gonçalves Brito de Arruda⁴
Mércia Dos Santos Freire⁵
Iunaly Sumaia da Costa Ataíde Ribeiro⁶
Ana Patrícia Siqueira Tavares Falcão⁷

Resumo

O desperdício de alimentos apresenta-se como um dos problemas vivenciados pela atual sociedade. O presente estudo tem como objetivo desenvolver um bolo com aproveitamento integral da banana utilizando a casca, avaliando sua variabilidade microbiológica e a análise sensorial de aceitação e intenção de compra do produto. Aplicou-se um teste triangular, que teve por finalidade determinar se existiu diferença perceptível entre os dois produtos comparando as três amostras, das quais duas delas eram iguais e uma diferente. O bolo da casca de banana foi submetido a análise microbiológica sob técnica de amostragem por quarteamento quanto a presença de Salmonella, Escherichia coli, Coliformes Totais e Aeróbios Mesófilos. Verificou-se a ausência de tais organismos, a maior parte dos sujeitos preferiram o bolo da casca da banana. Diante dos problemas relacionados à alimentação em todo mundo o estudo apresenta uma alternativa de aproveitamento integral da banana.

Palavras-chave: Aproveitamento. Alimentos. Banana. Casca.

Abstract

Food waste is one of the problems experienced by today's society. The present study aims to develop a cake with full use of the banana using the peel, evaluating its microbiological variability and sensory analysis of acceptance and purchase intention of the product. A triangular test was applied to determine if there was a noticeable difference between the two products by comparing the three samples, two of which were the same and one different. The banana peel cake was subjected to microbiological analysis using a sampling technique for the presence of Salmonella, Escherichia coli, Total Coliforms and Mesophilic Aerobes. The absence of such organisms was verified, most of the subjects preferred the banana peel cake. In view of the problems related to food worldwide, the study presents an alternative for the full use of bananas.

Keywords: Harvesting. Food. Banana. Peel.

Introdução

Identifica-se nos processos de distribuição e comercialização, grande desperdício de produtos de origem vegetal in natura em virtude da perda de qualidade, do processo de

¹ Doutoranda em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: quimicagiselly@gmail.com

² Mestre em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: thais.soares1994@gmail.com

³ Graduação em Gestão de Marketing pela Faculdade Boa viagem. E-mail: valberkaique2008@hotmail.com

⁴ Doutora em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: silgbrito@hotmail.com

⁵ Mestre em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: quimicamercia@gmail.com

⁶ Mestre em Políticas Públicas pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: iunaly.ataide@vitoria.ifpe.edu.br

⁷ Doutora em Nutrição pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: ana.falcao@vitoria.ifpe.edu.br

preparação e durante o transporte ou venda. No entanto, nessa cadeia não é considerado o desperdício que acontece no âmbito doméstico, já que folhas, cascas e talos de hortícolas são desprezados, muitas vezes devido aos tabus alimentares ou falta de informações sobre sua utilidade como alimento e fonte de nutrientes específicos (PRIM, 2003).

Segundo um relatório da ONU um total de 842 milhões de pessoas em 2011-2013, ou cerca de um em cada oito pessoas no mundo, foram estimadas sofrendo de fome crônica, não recebendo regularmente comida suficiente para conduzir uma vida ativa (FAO, 2013).

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) 2008/2009, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011) identificou que mais de um terço dos brasileiros não comem o suficiente “às vezes” ou “normalmente”. No total cerca de 35,5% das pessoas são classificadas nessa situação (IBGE, 2011).

A Organização das Nações Unidas (ONU) garante que o planeta produz uma vez e meia a quantidade de alimentos necessária para satisfazer toda a população do planeta, ou seja, produz o suficiente para alimentar 6 bilhões de pessoas. Mesmo assim, um em cada sete indivíduos passa fome, e cerca de 6 milhões de crianças de até cinco anos morrem de desnutrição todos os anos nos países em desenvolvimento, especialmente na África, Ásia e América Latina (FAO, 2013).

Oliveira et al. (2002) alerta que uma alternativa vem ganhando robustez desde o início da década de 1970, a técnica consiste no aproveitamento de resíduos, principalmente cascas, de certas frutas, como matéria-prima para a produção de alguns alimentos perfeitamente passíveis de serem incluídos na alimentação humana, além de resultar na redução do lixo orgânico e de contribuir na erradicação da fome.

De cada 100 kg de frutas colhidas, 46 kg não são aproveitados, sendo que para cada tonelada de banana industrializada aproximadamente 440 kg de cascas são gerados (SOUSA, 2010).

Ribeiro e Finzer (2010) ressaltam que a prevenção contra a desnutrição e a fome é o melhor procedimento para garantir um crescimento saudável para crianças e jovens, e a manutenção das atividades de adultos e idosos. Por isso, em muitos países, o governo e organizações privadas, com o auxílio de universidades, criaram programas de suplementação alimentar ou de melhora de qualidade dos alimentos de consumo em geral.

A partir de cascas de frutas e sobras de alimentos várias receitas podem ser elaborados, como sugere o Caderno Temático: A nutrição e o consumo consciente (GRAUBART, 2003). Silva et al. (2020) afirmam que os produtos aproveitados do descarte da feirinha de orgânicos da UFCG pode ter um bom proveito na alimentação de animais na forma de um suplemento de ração alternativa com um maior tempo de armazenamento.

Os subprodutos de frutas e hortaliças apresentam quantidades apreciáveis de fibra e de outros constituintes importantes à alimentação humana. O consumo regular dessas frações reduz significativamente a prevalência de algumas doenças degenerativas, visto que são substâncias

biologicamente ativas que trazem benefícios à saúde ou efeitos fisiológicos desejáveis (MELO et al., 2006).

A banana (*Musa spp*) segundo Salamoni (2008) está entre as frutas cultivadas no Brasil, apresenta um ciclo curto, é de fácil propagação e produção e praticamente contínua o ano todo e é uma das frutas mais populares e consumidas pela população brasileira. Além disso, possui boa aceitação sensorial, sendo fonte de carboidrato, minerais (potássio, cálcio, fósforo e ferro) e vitaminas (A, B1, B2 e C10) (MESQUITA, 2009).

Além dos nutrientes da poupa da fruta, a banana possui também em sua casca algumas propriedades específicas, contém defensivos naturais contra as moscas-das-frutas, e a quantidade desses compostos aumenta com a maturação (GRAUBART, 2003).

Para Gondim et al. (2005) a casca da banana, principal resíduo desta fruta, apresenta uma grande quantidade de nutrientes possuindo em 100 g da amostra in natura: 4,91 g de carboidrato, 1,69 de proteína, 0,99 g de lipídios, 300,92 mg de potássio, 66,71 g de cálcio, 54,27 mg de sódio, 29,96 mg de magnésio e 1 mg de zinco, podendo ser utilizada como fonte alimentar de nutrientes.

Apesar do consumo de frutas e verduras ser indicado para uma alimentação saudável, é necessário ficar atento as formas de higienização e preparo desses alimentos. O dossiê da ABRASCO (2012) ressalva que o processo produtivo agrícola brasileiro está cada vez mais dependente dos agrotóxicos e fertilizantes químicos. A lei dos agrotóxicos e o decreto que regulamenta esta lei definem que essas substâncias são: “os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos” (BRASIL, 1989; BRASIL, 2002).

Os efeitos nocivos do uso de agrotóxicos para a saúde humana tem sido objeto de diversos estudos elaborados por profissionais da saúde, os quais têm detectado a presença dessas substâncias em amostras de sangue humano, no leite materno e resíduos presentes em alimentos consumidos pela população em geral, apontando a possibilidade de ocorrência de anomalias congênitas, de câncer, de doenças mentais, de disfunções na reprodutividade humana relacionados ao uso de agrotóxicos (SIQUEIRA; KRUSE, 2008).

Ao ingerir quantidades dentro dos Valores Diários Aceitáveis (IDA) o ser humano não sofre nenhum dano à saúde, o problema está no excesso, se ultrapassar essas quantidades, as consequências poderão variar desde sintomas como dores de cabeça, alergia e coceiras até distúrbios do sistema nervoso central ou câncer, nos casos mais graves de exposição, como é o caso dos trabalhadores rurais. Quanto à higienização indica-se o uso de soluções de hipoclorito de sódio (água sanitária ou solução de Milton) na proporção de uma colher de sopa para um litro de água com o objetivo apenas de matar agentes microbiológicos que possam estar presentes

nos alimentos, já que o processo de lavagem dos alimentos contribui apenas para a retirada de parte dos agrotóxicos (BRASIL, 2008).

Neste contexto, transitando nas diferentes classes sociais, observa-se a necessidade de buscar alternativas para se ter na mesa alimentos com alta qualidade e baixo custo no sentido de desenvolver práticas alimentares mais saudáveis, reduzindo assim o desperdício.

No entanto, ainda verifica-se a carência de informações a respeito de como inserir cascas de frutas e verduras no cardápio, desencadeando assim, grande desperdício de resíduos alimentares intra domiciliar, em escala comercial e industrial, além de favorecer o preconceito em transformar em alimento o que para muitos seria “lixo”.

Assim, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um bolo com aproveitamento integral da banana utilizando a casca, avaliando sua variabilidade microbiológica e a análise sensorial de aceitação e intenção de compra do produto.

Material e Métodos

Inicialmente realizou-se uma avaliação diagnóstica nos setores da Agroindústria e do refeitório do Campus Vitória no intuito de identificar as frutas mais utilizadas e conseqüentemente, os resíduos de frutas mais desperdiçados. Constatou-se em maior quantidade a casca da banana, seguindo-se da goiaba, maracujá, acerola e abacaxi.

No Laboratório de Tecnologia de Massas do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia (IFPE), as bananas foram higienizadas, sanitizadas (solução de hipoclorito de sódio 200 ppm de Cloro Residual Livre/10 minutos). Após serem submetidas ao processo de sanitização as cascas da banana foram trituradas em liquidificador doméstico, até ser obtida uma pasta homogênea, para ser adicionada ao processo de fabricação do bolo.

Formulação dos bolos

Foram elaborados três bolos, dois contendo a casca da banana (experimental) e um contendo a polpa da banana (padrão). Os ingredientes utilizados na produção dos bolos foram ovos, margarina, açúcar, farinha de trigo com fermento, banana e a pasta da casca da banana. Todos os ingredientes foram incorporados a uma batedeira industrial sendo por fim adicionada a pasta de casca de banana, onde a massa obtida foi submetida a forno-pré-aquecido a uma temperatura de 180°C ($\pm 10^\circ\text{C}$), por aproximadamente 40 min. O bolo padrão seguiu a mesma metodologia com substituição da pasta de casca de banana pela polpa de banana.

Análise sensorial

A análise sensorial ocorreu no Laboratório de Análise Sensorial do Centro Acadêmico de Vitória (CAV) da Universidade Federal de Pernambuco. Um painel sensorial treinado, formado por

16 alunos do curso de graduação em Nutrição do (CAV)/UFPE com idades entre 21 e 26 anos, que avaliaram as amostras. Aplicou-se um teste triangular (teste discriminativo), conforme metodologia descrita por Meilgaard et al. (1991) que teve por finalidade determinar se existiu diferença perceptível entre os dois produtos comparando as três amostras, das quais duas delas eram iguais e uma diferente. Um teste afetivo para identificar a aceitabilidade do produto também foi aplicado utilizando-se uma escala hedônica estruturada em nove pontos variando os extremos (9) gostei muitíssimo e (1) desgostei muitíssimo (ABNT, 1993).

Para o experimento foram elaborados dois bolos: um padrão utilizando a fruta e o experimental com a casca da banana. As amostras foram oferecidas aos painelistas, acondicionadas em pratos descartáveis, codificadas em números aleatórios com três dígitos, contendo porções padronizadas do bolo de cada tratamento, acompanhadas de bolacha tipo água e sal, um copo com água e a ficha de avaliação contendo os dados para o Teste Triangular e o Teste Afetivo de Aceitabilidade.

Análise microbiológica

O bolo da casca de banana foi submetido a análise microbiológica no Laboratório de Análise Microbiológica do IFPE – Campus Vitória de Santo Antão, sob técnica de amostragem por quarteramento quanto a presença de Salmonella, Escherichia coli, Coliformes Totais e Aeróbios Mesófilos (FENG; WEAGANT, 2002; INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2002; WEHR; FRANK, 2004; DOWNES; ITO, 2001).

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se do Programa Estatístico SPSS versão 16.0. Para identificar se houve diferença significativa entre as amostras, aplicou-se um teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Wilcoxon comparando os pares de observação (amostra 587 – bolo da fruta, amostra 246 – bolo da casca e amostra 894 – bolo da casca) adotando um nível de significância de 5%.

Resultados

Na análise microbiológica do bolo da casca da banana, a contagem total de aeróbios mesófilos, apresentou média de $3,4 \times 10^{-3}$ UFC/g e desvio padrão de 70,05 considerando parâmetro de avaliação o valor compreendido entre $1,0 \times 10^1$ a $1,0 \times 10^3$ UFC/g.

Verificou-se a ausência de coliformes totais, salmonela e de Escherichia Coli (Quadro 1) onde os resultados obtidos se encontram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação sanitária brasileira (BRASIL, 2005).

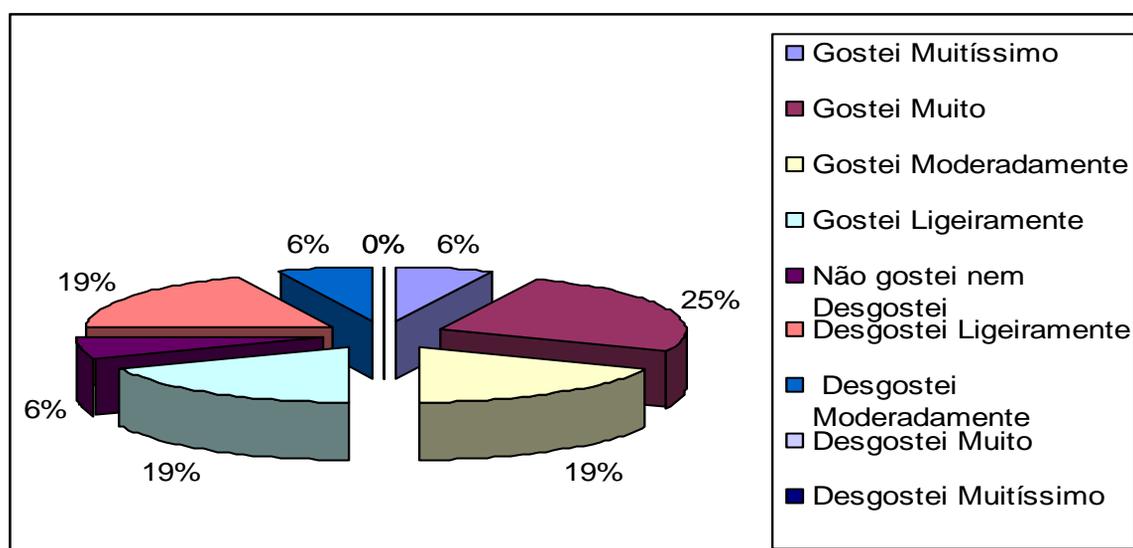
Quadro 1 - Diagnóstico de bactérias patogênicas no bolo de casca da banana.

Microorganismos	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
<i>Coliformes totais</i>	Ausência	Ausência	Ausência
<i>Salmonela</i>	Ausência	Ausência	Ausência
<i>Escherichia Coli</i>	Ausência	Ausência	Ausência

Fonte: Dados da pesquisa.

Após a aplicação da análise sensorial, verificou-se que a preferência deu-se pelas amostras 246 e 894, que correspondem ao bolo da casca da banana conforme classificação da escala hedônica expressa nos Gráfico 1, onde se pode observar um percentual menor de indivíduos ($n = 5$) que apresentou respostas classificadas como “não satisfatória” (não gostou/nem desgostou, desgostou ligeiramente e desgostou moderadamente).

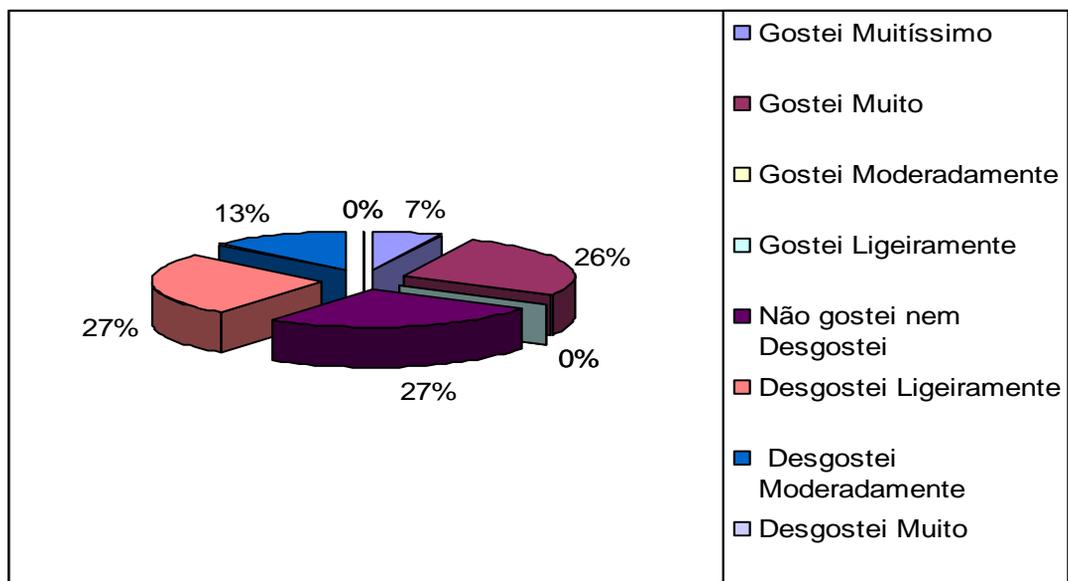
Gráfico 1 - Distribuição por frequência conforme Escala Hedônica referente à preferência pelo bolo da casca da banana.



Fonte: Dados da pesquisa.

O Gráfico 2 apresenta a indicação da classificação da amostra 587 que corresponde ao bolo da fruta, banana. Um percentual maior de indivíduos apresentou respostas classificadas como “não satisfatória” ($n = 10$). Assim sendo, constatou-se um maior quantitativo de indivíduos que expressaram respostas classificadas como “não satisfatória”, apontando a preferência pelo bolo da casca da banana.

Gráfico 2 - Distribuição por frequência conforme Escala Hedônica referente à preferência pelo bolo da fruta banana.



Fonte: Dados da pesquisa.

Aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis, encontrou-se um $p = 0,451$, o que sugere diferenças entre as amostras no ato das classificações entre o bolo da casca e o da fruta conforme distribuição das amostras.

Objetivando saber se os julgadores identificam a amostra diferente e para identificar onde exatamente encontrava-se a diferença, utilizou-se o teste de Wilcoxon e comparou-se de forma pareada as amostras A894 e A246, o que indica não haver diferença significativa entre estas amostras, o que já era de se esperar, pois, as duas amostras eram do mesmo bolo, da casca da banana. Já entre as amostras A587 e A246 e A587 e A894, verificou-se diferença entre as amostras (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação da classificação do paladar

	Estatística W
Amostras A894 – A246	0,317
Amostras A587 – A246	0,001*
Amostras A 587 – A894	0,003*

*Teste de Wilcoxon (W) – $p < 0,05$

Fonte: Dados da pesquisa.

Dos 16 participantes a intenção de compra apontou para o bolo da casca da banana onde 01 respondeu que certamente compraria o bolo, 05 provavelmente compraria, 06 talvez comprariam, 03 provavelmente não comprariam e 01 certamente não compraria, o que expressa uma preferência.

De acordo com o teste sensorial afetivo realizado por Dotto (2004) para formulação de bolos enriquecidos com farinha de banana, o mais aceito foi o bolo contendo 30% de farinha de banana verde (FBV). O autor concluiu que a coloração escura conferida à massa pela FBV possivelmente seria mais atrativa para o consumidor.

Zavareze et al. (2010) estudando a aplicação de resíduo industrial de soro de leite em substituição aos sólidos do leite na produção de bolos e utilizando teste de ordenação na análise sensorial verificou que o soro de leite concentrado ou desidratado apresentou maior preferência quando comparado ao padrão (sem soro) ou com soro in natura. Verificou-se um incremento médio de 10,9% no teor de proteína total de bolos formulados com o soro do leite o que resulta tanto na melhoria da composição nutricional quanto contribui para realçar características tecnológicas e sensoriais pertinentes a esse tipo de produto, como textura, cor e volume da massa.

Guimarães (2010) ao elaborar um bolo com a farinha entre casca de melancia (FEM) obteve resposta positiva para formulação, utilizando 7% FEM com 70% de aprovação entre os julgadores para as características globais, destacando-se o sabor. Neste estudo, mais de 60% dos provadores referiram que comprariam o bolo.

A farinha de casca de batata (FCB) apresenta-se como alternativa de enriquecimento de produtos de panificação quando em substituição a farinha de trigo em proporção de 6% sem alterar significativamente a qualidade tecnológica. A FCB ainda apresenta-se como fonte de fibra e minerais como cálcio, fósforo e magnésio agregando valor nutritivo aos produtos derivados (FERNANDES et al., 2008).

Em consonância a este estudo, Gondim et al. (2005) ao avaliar a composição nutricional de cascas de frutas que geram resíduos alimentares, destacou a contribuição que a casca da banana pode oferecer se usada para consumo humano. A análise de micronutrientes revelou que em 100g da casca apresenta níveis >5% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) para cálcio (8%), ferro (8%), Magnésio (10%), zinco (7%), cobre (6%) e potássio (15%) que a caracterizam como fonte alternativa destes nutrientes, além de ser fonte de fibras (7%) e possuir baixa caloria, apenas 35,3 kcal/100g.

A casca da banana representa cerca de 47 a 50% em peso da fruta madura, porém não existem grandes projetos para aproveitamento deste resíduo em escala industrial; este em geral limita-se à alimentação animal, porém em escala reduzida (TRAVAGLINI, 1993).

Novak (2003) apontam a existência de substâncias cicatrizantes na banana verde, fazendo com que o tratamento popular de aplicação da casca de banana “verdulenta” em fissuras mamilares não seja apenas um mito.

Esses resultados indicam que os alimentos elaborados com resíduos de frutas têm além de um alto valor nutricional uma boa aceitabilidade. Miguel et al. (2003) utilizou a produção de compota, doce glaciado e geleia como estratégia para utilização de resíduos de melão minimamente processados com a utilização de cascas e polpa derivadas de aparas. A análise

sensorial utilizando escala hedônica revelou notas acima de 7 para o compota, geleia e melão glaciado, demonstrando boa aceitação destes produtos.

Com a elaboração de novas receitas pode ser avaliada a relação entre a aceitabilidade do produto e decisão de compra do consumidor, através da análise sensorial, onde é possível verificar se as alterações feitas não levariam a uma rejeição do produto final. Estas análises demonstram diretamente a opinião que o consumidor tem sobre determinadas características sendo elas específicas ou globais do produto.

Considerações finais

Apesar da escassez de estudos na literatura científica sobre produtos elaborados a partir de resíduos de vegetais, observa-se a tendência de alguns que apresentam alternativas para minimizar o desperdício de alimentos agregando valor nutritivo em formulações de produtos alimentícios, além de reduzir o impacto destes resíduos no meio ambiente.

O homem necessita, de qualquer modo, de uma alimentação sadia e rica em nutrientes, que atenda as suas necessidades nutricionais diárias, e isto pode ser alcançado com a utilização de partes de alimentos que normalmente são desprezadas. Sendo assim, é importante a utilização de cascas, talos e folhas, pois o aproveitamento integral dos alimentos, além de diminuir os gastos com alimentação e melhorar a qualidade nutricional do cardápio, reduz o desperdício de alimentos e torna possível a criação de novas receitas, como, por exemplo, sucos, doces, geleias, farinhas, dentre outros.

Diante dos problemas relacionados à alimentação em todo mundo (desnutrição, obesidade, fome oculta e etc.), o estudo apresenta uma alternativa de aproveitamento integral da banana. O bolo analisado não apresenta bactérias patogênicas, sendo, portanto, recomendado para ser produzido e utilizado como uma opção para aproveitamento da casca da banana, pois além de conter um alto valor nutricional, o bolo obteve uma boa aceitabilidade.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas** – Classificação. 1993.

BRASIL. **Lei n.º 7.802 de 12 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 1989.

_____. **Decreto n.º 4.074 de 04 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 2002.

_____. Ministério da Saúde. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA**. Nota Técnica para divulgação dos resultados do PARA de 2007. 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/divulga/noticias/2009/pdf/150409_para.pdf. Acesso em: 23 jul 2014.

_____. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº. 275, de 22 de setembro de 2005**. Diário Oficial da União 2005.

DOTTO, D. C. **Obtenção de farinha de banana verde, sua caracterização quanto a alguns componentes e avaliação de seu uso em formulações de bolo como substituta parcial da farinha de trigo**. 2004, 51 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste/Departamento de Engenharia Química, Toledo/PR, 2004.

DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of Methods for the Examination of Dairy Products**. Washington: American Public Health Association; 4ª ed. p. 69-82, 2001.

FAO, IFAD and WFP. The State of Food Insecurity in the World. **The multiple dimensions of food security**. Rome, 2013.

FENG, P.; WEAGANT, S. D. Diarrheogenic Escherichia coli. **Bacteriological Analytical Manual Online**, 2002.

FERNANDES, A. F. et al. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum Tuberosum* Lineu). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28 (Supl.), p. 56-65, 2008.

GONDIM, J. A. M. et al. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 825-27, 2005.

GRAUBART, S. Desperdício de alimentos e qualidade nacional. **Caderno Temático: a nutrição e o consumo consciente**. São Paulo: Instituto Akatu; 2003.

GRUPO INTER GTS DE DIÁLOGOS E CONVERGÊNCIAS DA ABRASCO. **Dossiê ABRASCO: Um alerta sobre os impactos dos Agrotóxicos na Saúde Parte 1 - Agrotóxicos, Segurança Alimentar e Saúde**. Associação Brasileira de Saúde Coletiva, 2012.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J, SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 354-63, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. 150 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of Salmonella spp**. ISO 16649-3, 2002.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Florida: CRC Press, 1991. 354p.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas; v. 26, p. 639-44, 2006.

MESQUITA, K. S. et al. Elaboração, caracterização química e avaliação sensorial de néctares de bananas das variedades prata, nanica e marmelo. **Alim. Nutr. Araraquara**, v. 20, n. 3, p. 451-55, 2009.

MIGUEL, A. C. A. et al. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 733-37, 2008.

NOVAK, F. R.; ALMEIDA, J. A. G.; SILVA, R. S. Casca de banana: uma possível fonte de infecção no tratamento de fissuras mamilares. **J Pediatr**, v. 79, n. 3, p. 221-26, 2003.

OLIVEIRA, L. F. et al. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa deg.*) para produção de doce em calda. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 259-62, 2002.

PRIM, M. B. S. **Análise do desperdício de partes vegetais consumíveis**. Florianópolis: UFSC; 2003.

RIBEIRO, R. D.; FINZER, J. R. D. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie com aproveitamento de farinha de sabugo de milho e casca de banana. **FAZU em Revista**, v. 7, p. 120-24, 2010.

SALAMONI, R. M. **Análise diagnóstica da produção de bananas (musa spp.) na associação de Pontalzinho**, Terenos, MS. Campo Grande: UCDB; 2008.

SILVA, R. C. Proposta de aproveitamento de produtos orgânicos para alimentação alternativa de animais. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 67640-67649, 2020.

SIQUEIRA, S. L.; KRUSE, M. H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. **Rev Esc Enferm**, v. 42, n. 3, p. 584-90, 2008.

SOUZA, O. et al. Biodegradação de resíduos lignocelulósicos gerados na bananicultura e sua valorização para a produção de biogás. **Rev Bras Eng Agric Ambient** v. 14, n. 4, p. 438-43, 2010.

TRAVAGLINI, D. A. **Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos; 1993.

WEHR, H. M.; FRANK, J. F. **Standart Methods for the Examination of Dairy Products**. Washington: American Public Health Association, p.187-226, 2004.

ZAVAREZE, E.; MORAES, K. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas. v. 30, n. 1, p. 100-105, 2010.

CAPÍTULO 16

VIABILIDADE DO REAPROVEITAMENTO DE LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE)

FEASIBILITY OF REUSING SLUDGE GENERATED IN THE SEWAGE TREATMENT PLANT (STP)

Caio Henrique de Souza Santana¹Sílvia Mecenas Gomes²Lays Carvalho de Almeida³Renata Campos Escariz⁴Nayára Bezerra Carvalho⁵**Resumo**

O lodo de esgoto é o subproduto ou resíduo sólido gerado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com maior volume, é atualmente um dos problemas a serem discutidos mundialmente devido ao grande impacto socioambiental que por conta da sua alta complexidade e produtividade acompanhada do crescimento populacional, tem sua disposição final feita, na maioria das vezes, de forma inadequada e sem controle de legislações. Este artigo busca realizar uma revisão da literatura acerca do cenário do saneamento básico e as questões que envolvem os processos do tratamento de esgoto assim como a destinação do lodo gerado, apontando as possibilidades de aplicação do lodo de esgoto investigadas por outros autores.

Palavras-Chave: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Lodo de Esgoto. Saneamento Básico.

Abstract: Sewage sludge is the by-product or solid waste generated in the largest volume of Sewage Treatment Plant (STP), is currently one of the problems to be discussed worldwide due to the great socio-environmental impact that, due to its high complexity and productivity accompanied by population growth, has its final disposition made, in most cases, inappropriately and without control of legislation. This article seeks to conduct a literature review on the basic sanitation scenario and the issues surrounding the treatment processes as well as the destination of the generated sludge, pointing out the possibilities of application of sewage sludge investigated by other authors.

Keywords: Sewage Treatment Plant (STP). Sewage Sludge. Basic Sanitation.

INTRODUÇÃO

O aumento populacional de grandes centros urbanos gera impactos ao meio ambiente, alterações no ecossistema, distúrbios na fauna e flora local, criações de microclimas urbanos, bem como poluição de corpos hídricos superficiais ou subterrâneos. Assim, o setor de saneamento básico está intrinsicamente ligado ao desenvolvimento urbano sustentável de maneira a buscar sempre reduzir os efeitos nocivos consequentes desse processo (SILVA, 2015).

A engenharia ambiental tem evoluído bastante no sentido de melhorias de processo e sistemas de tratamento de água e esgoto. Vale ressaltar que também faz parte do ciclo do saneamento a coleta de águas pluviais, limpeza urbana, descarte de resíduos sólidos e gestão de recursos hídricos (DANTAS *et al.* 2012).

O lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETE) é um subproduto poluente e contaminante, fatores que eventualmente potencializados quando não tratados devidamente e sua

¹ Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: caiosouza.h@hotmail.com

² Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Tiradentes. E-mail: silviamecenas@hotmail.com

³ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: lays-carvalho@hotmail.com

⁴ Mestre em Construção Civil e Urbana pela Universidade de São Paulo. E-mail: renata_escariz@hotmail.com

⁵ Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes. E-mail: nayarabc.eng.prof@gmail.com

disposição inadequada implica diversos problemas ao meio ambiente e contrapõe as atribuições do saneamento (VON SPERLING, 2014).

Com a construção de novas estações de tratamento de esgoto (ETE) para suprir o crescimento populacional, um dos grandes impactos ambientais que vem sendo estudado é a geração do lodo, devido ao seu volume e descarte final muitas vezes realizado de forma inadequada, por isso, a procura de novas alternativas vem sendo analisada para que se tenha novas possibilidades de destinação final (FONTES, 2003).

O tratamento do lodo de maneira correta, seguindo parâmetros de acordo com sua destinação, torna-se um novo aliado pela busca constante do mercado por materiais sustentáveis. Pois, através de vários estudos, constatou-se a viabilidade da incorporação do lodo como substituição de parte da matéria prima ou como novo produto em diversas áreas, como: agricultura, pavimentação e na construção civil. (MADALOZZO; DUARTE, 2008 e BASTO, 2018).

Diante desses estudos, o objetivo desse trabalho visa ressaltar a destinação final do lodo de esgoto que ocorre atualmente evidenciando os parâmetros em que pode ser realizada de maneira segura e adequada, reciclando-o e incorporando-o como produto alternativo na construção civil e na área agrícola. Fazendo com que essa incorporação seja viável e contribua, principalmente, para a redução de impacto ambiental gerado por conta do volume desse resíduo e avaliando-o dentro das normas para que o mesmo contribua com benefícios.

SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento básico é um direito ao cidadão assegurado pela Constituição e definido pela Lei 11.445/2007 como um conjunto de serviços de infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, entre outros. Tendo como princípio fundamental a universalização dos serviços de abastecimento de água, garantindo qualidade e quantidade suficiente às necessidades dos cidadãos, como também, à coleta e tratamento adequado do esgoto e do lixo, e destinação correta das águas pluviais (BRASIL, 2007; ITB, 2012).

A situação no Brasil quanto ao saneamento básico está muito distante do real direito em que a Constituição (Brasil, 2007) assegura, apesar dos investimentos nessa área os governantes precisam analisar melhor a sua real importância. Investir em abastecimento de água e coleta de esgoto, que devem ser proporcionais, sem analisar o grande impacto socioambiental que a falta de tratamento do esgoto gera ao ser descartado nos rios e mananciais, é um dos temas que vem sendo discutidos atualmente por conta da escassez de águas apropriadas para consumo humano (DANTAS *et al.*, 2012).

Chaves *et al.* (2018) também falam sobre a importância de investir na área de saneamento, pois, está diretamente ligado a vários benefícios, dentre eles estaria a redução de mortalidade infantil e também a ausência do funcionário ao trabalho, relacionadas a doenças causadas pela poluição de mananciais, através do lançamento de efluentes não tratados, esse investimento consequentemente afetaria, positivamente, na redução de despesas para a área da

saúde no tratamento de várias doenças, tornando o saneamento básico como indispensável para fatores sociais e econômicos.

Segundo Guimarães, Carvalho e Silva (2007) relacionam a falta de saneamento básico a problemas que envolvem saúde pública, destacando a diarreia como uma das doenças que mais afligem a humanidade, sendo as áreas com população de baixa renda as mais afetadas. Através de dados divulgados pelo Instituto Trata Brasil – ITB (2017), a cada R\$ 1,00 investido em saneamento seria economizado R\$ 4,00 na área da saúde, gerando economia nos cofres públicos.

ESGOTO SANITÁRIO

O esgoto sanitário é definido como resultante final do uso da água por atividades humanas, como hábitos higiênicos, necessidades fisiológicas e limpezas domésticas em geral, proveniente de residências, estabelecimentos comerciais ou qualquer instalação de banheiros, cozinhas e lavanderias. Constitui-se basicamente de dejetos humanos, águas de banho e lavagem em geral, detergentes, restos de comida e eventualmente resíduos sólidos provenientes do descarte inadequado e percurso da rede coletora (ITB, 2012).

Faz-se necessária à coleta dos esgotos sanitários para que não sejam lançados de maneira inadequada nas redes de drenagem pluviais, vias públicas, bem como diretamente à corpos hídricos. Os excretos presentes nos esgotos podem ser veículos de organismos patogênicos transmissores de várias doenças como febre tifoide, cólera, intoxicação alimentar, disenteria amebiana, ascaridíase, esquistossomose, teníase, entre outras. Logo, em vista a evitar situações favoráveis a transmissão de doenças, torna-se fundamental afastar a possibilidade de seu contato com pessoas, insetos vetores, alimentos e águas de abastecimento (RIBEIRO e ROOKE, 2010).

De acordo com a FUNASA (Brasil, 2006) há fatores que tornam tais soluções impraticáveis, como áreas rurais e afastadas dos centros urbanos, muitas vezes por razões econômicas. Assim, recomenda-se soluções individualizadas. O destino adequado dos esgotos sanitários visa, sobretudo, o controle e a prevenção de doenças a eles relacionados. Sob o aspecto sanitário e econômico, as soluções a serem adotadas destacam-se os seguintes objetivos:

- Evitar a contaminação do solo, dos mananciais de abastecimento de água, das praias e locais de recreação, assim como preservação do ecossistema aquático;
- Evitar contato de vetores com os dejetos;
- Promover hábitos de higiene adequados;
- Reduzir gastos com tratamento da água para abastecimento;
- Promover conforto e atender ao senso estético;
- Aumento da expectativa de vida pela redução da mortalidade consequente da redução de casos de doenças;
- Redução dos gastos com saúde pública para tratamento de doenças evitáveis.

TIPOS DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Um dos maiores problemas que acontecem na saúde pública está diretamente relacionado a contaminação dos rios e mananciais devido aos despejos de esgotos sem tratamento prévio que é, com certeza, um dos agravantes que prejudicam a qualidade das águas e que se tornam uma ameaça a população, com isso, deve-se ter uma atenção ao tipo de tratamento que esse despejo deve receber ou não. Essa necessidade vai variar de acordo com a carga poluente lançada e a vazão do corpo receptor. Para isso, uma análise bem criteriosa deve ser feita no local para avaliar as condições, pois, deve-se ter, pelo menos, um pré-tratamento para remoção de sólidos grosseiros e areia antes do seu despejo, e o mesmo não deve ter prejuízo estético e sanitário para o local (NUVOLARI *et al.*, 2007).

De acordo com Von Sperling (2014), no Quadro I estão listadas as principais operações, processos e sistemas de tratamentos frequentemente utilizadas para a remoção de poluentes dos esgotos domésticos durante a fase líquida.

Quadro I – Principais operações, processos e sistemas de tratamento.

Poluente	Operação, processo ou sistema de tratamento
Sólidos em suspensão	<ul style="list-style-type: none"> • Gradeamento • Remoção da areia • Sedimentação • Disposição no solo
Matéria orgânica biodegradável	<ul style="list-style-type: none"> • Lagoas de Estabilização e variações • Lodos ativados e variações • Reatores aeróbios com biofilmes • Tratamentos anaeróbio • Disposição no solo
Organismos patogênicos	<ul style="list-style-type: none"> • Lagoas de maturação • Disposição no solo • Desinfecção com produtos químicos • Desinfecção com radiação ultravioleta • Membranas
Nitrogênio	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrificação e desnitrificação biológica • Lagoas de maturação e de alta taxa • Disposição no solo • Processos físico-químicos
Fósforo	<ul style="list-style-type: none"> • Remoção biológica • Lagoas de maturação e de alta taxa • Processos físico-químicos

Fonte: Von Sperling (2014).

Segundo Von Sperling (2007) existem alguns critérios que devem ser definidos para a melhor seleção do processo de tratamento, objetivando uma eficiência aceitável num sistema de tratamento, como mostra na Tabela I, entre eles alguns aspectos como: impacto ambiental do lançamento no corpo receptor; objetivos do tratamento (constituintes que serão removidos); nível do tratamento e eficiência de remoção desejada.

Tabela I – Características dos principais níveis de tratamento dos esgotos.

Nível de tratamento	Objetivo	Processo predominante	Eficiência
Preliminar	Remoção de sólidos grosseiros e areia	Físico	-
Primário	Remoção de sólidos sedimentáveis	Físico	SS: 60 a 70%

	orgânicos e inorgânicos e sólidos flutuantes (graxas e óleos)		DBO: 25 a 35% CF: 30 a 40%
Secundário ⁽¹⁾	Remoção de matéria orgânica (sólidos dissolvidos, suspensos e particulados)	Biológico	DBO ⁽²⁾ : 60 a 98% CF ^{(2) (3)} : 60 a 99%
Terciário	Remoção de nutrientes, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescente.	Químico	-

Fonte: Adaptada de Fontes (2003), Von Sperling (2007) e Jordão e Pessoa (2011).

Notas:

- ⁽¹⁾ Geralmente para tratamento secundário necessita de tratamento preliminar e a depender do processo, pode ou não necessitar de tratamento primário.
- ⁽²⁾ Independente de haver ou não tratamento preliminar, as taxas de eficiência para DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e CF (coliformes fecais) no tratamento secundário serão as mesmas.
- ⁽³⁾ A eficiência de remoção de coliformes pode ser superior, caso haja alguma etapa de remoção específica.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LODO DA ETE

Segundo Ludovice e Fernandes (2007), por conta de sua alta complexidade e custo, se o gerenciamento do lodo produzido em estações de tratamento não for bem executado, isso comprometeria os benefícios ambientais e sanitários esperados pelo sistema adotado.

Inicialmente o subproduto gerado na ETE chamado de lodo primário é removido dos decantadores primários, onde sua composição é basicamente de sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. Logo após, na fase biológica do tratamento secundário é produzido o lodo secundário ou biológico, onde a própria biomassa cresce por conta do alimento cedido pelo esgoto afluente, a biomassa deve ser removida constantemente para que não ocorra acúmulo no sistema. Quando o lodo primário é enviado para tratamento juntamente com o lodo secundário, o mesmo é considerado de lodo misto. Para os casos em que a estação incorpora a etapa de tratamento físico-químico na fase líquida, temos o lodo químico (JORDÃO e PESSÔA, 2011).

Do total da composição do esgoto doméstico, apenas 0,1% são de sólidos divididos em orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e microrganismos. É devido a este fator poluente que há necessidade do tratamento de águas residuais. O volume e características do lodo gerado em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) estão relacionados diretamente ao tipo de sistema adotado e a origem do esgoto, como será melhor visualizado, na Tabela II. Apesar da composição característica comum, os esgotos apresentam variações constituintes devido as condições locais de clima e hábitos da população atendida, bem como a situação socioeconômica (VON SPERLING, 2014).

Tabela II – Quantidade de lodo produzido nos sistemas de tratamento de esgoto.

Tipos de sistemas	Volume de lodo produzido (L/hab.d)
Lagoas facultativas	0,05 - 0,15
Reator UASB	0,2 - 0,6

Lodos ativados convencional	3,1 - 8,2
Aeração prolongada	3,3 - 5,6
Lagoa anaeróbia	0,1 - 0,3
Filtro biológico de alta carga	1,4 - 5,2
Lagoa aerada facultativa	0,08 - 0,22

Fonte: Metcalf e Eddy (2002).

Na composição do lodo de esgoto encontra-se matérias orgânicas e inorgânicas, nutrientes como, nitrogênio, fósforo, cobre, ferro e zinco, além de microrganismos patogênicos como, bactérias, fungos, protozoários entre outros (LIMA, 2013). Por possuir um alto nível de patogenicidade, o lodo deve ser higienizado antes de sua disposição final, principalmente se o destino for o uso agrícola, sendo a adição de cal (caleação) um dos métodos mais utilizados, assim reduzindo os riscos à saúde da população e os impactos negativos ao meio ambiente (MADALOZZO, 2008).

TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO

Diante de tantas preocupações quanto à disposição final do lodo devido a quantidade gerada por conta dos serviços de coleta e tratamento, que acompanham proporcionalmente ao crescimento populacional e aumentam os problemas ambientais, o lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto vem ganhando, a cada dia, novas destinações através da reciclagem e seu reuso (PEDROZA *et al.*, 2010; GODOY, 2013).

Por ser o principal subproduto extraído do tratamento de esgoto, o lodo causa grande impacto ambiental negativo, caso não seja tratado e descartado corretamente. Por conta da sua complexidade e a dificuldade de encontrar local seguro e apropriado para sua estocagem, além dos custos de operação e processo, acabou se tornando um dos temas mais discutidos no cenário mundial, por isso, requer uma maior atenção quanto ao seu tratamento e disposição final (BERTON, 2000; NUVOLARI *et al.*, 2007).

De acordo com os autores Andreoli *et al.* (2001), Tsutiya *et al.* (2001), Piveli (2006) e Madalozzo (2008), os principais objetivos para o tratamento do lodo são a redução de volume e redução da matéria orgânica, além da redução de patogenicidade, que apresentam vários benefícios justificando o custo do tratamento. Para que os objetivos sejam alcançados uma ou mais das seguintes etapas devem ser seguidas, sendo que as características do lodo e o produto final que se pretende obter é o que vai determinar quais delas devem ser seguidas:

- **Adensamento ou espessamento:** seu principal objetivo é a remoção de umidade (redução de volume) do lodo através de processo físico, sendo os mais utilizados os adensadores por gravidade (melhor eficiência para lodo primário) e adensadores por flotação (melhor eficiência para lodo secundário e lodos ativados);
- **Estabilização:** a principal finalidade é reduzir, inibir ou eliminar o potencial de putrefação, eliminando odores inconvenientes, através da retirada da matéria orgânica biodegradável que existe no lodo, além de reduzir a concentração de patógenos;

- **Condicionamento:** processo onde é feita a adição de agentes coagulantes para melhorar o processo de desidratação, pode ser químico ou térmico;
- **Desidratação ou desaguamento:** acontece por métodos naturais ou mecânicos o objetivo principal é reduzir ainda mais o volume do lodo, deixando-o ainda mais sólido e assim reduzindo os custos de transporte e destino final;
- **Desinfecção ou higienização:** remoção de organismos patogênicos, garantindo um nível de patogenicidade que não cause riscos à população nem ao meio ambiente, pode ser feita com a adição de cal, tratamento térmico, compostagem, oxidação úmida, radiação, entre outras;
- **Disposição final:** destinação do subproduto pós tratamento.

A adição de cal no lodo de esgoto para higienização passa por divergências de alguns autores quanto ao tipo, se usaria cal virgem ou hidratada, e à quantidade necessária que garanta a eliminação de patógenos, esses valores podem variar entre 15% a 50% do peso seco do resíduo. Sendo que os mesmos concordam com a legislação vigente quanto aos limites preconizados na Resolução nº. 375/2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Brasil, 2006), que estipulam que a adição de cal para estabilização, deve ser suficiente para que o pH seja elevado a pelo menos 12, pelo período mínimo de duas horas (ALVES FILHO, 2014; LOUSADA, 2015; SIQUEIRA, BARROSO e MARCIANO, 2017).

Barros *et al.* (2011), que também afirmam a eficiência da adição de cal para a higienização, mas fazem uma ressalva quanto a alta alcalinidade e redução nos teores de nutrientes para o uso agrícola. O alto teor de alcalinidade se torna prejudicial para várias espécies na área agrícola, necessitando de alguns monitoramentos antes do uso, mas como vantagem torna-se atuante como corretivo para solos ácidos.

A disposição final do lodo vem sendo estudada e discutida mundialmente, buscando assim várias alternativas que minimizem o impacto causado ao meio ambiente, e assim poder fazer a reutilização em diversas áreas. Cada uma dessas possibilidades de disposição deve seguir alguns parâmetros e legislações vigentes. Algumas das possibilidades para a disposição final do lodo são: aterro sanitário; descarte em mananciais; recuperação de áreas degradadas; reciclagem agrícola como fertilizantes; substituição de matéria prima na construção civil e incineração (GODOY, 2013).

De acordo com Ingunza *et al.* (2006), a prática de reciclagem de resíduos na construção civil está cada vez mais crescente, utilizando tanto resíduos da própria construção civil ou de outras atividades. Resíduos esses, até então, considerados inaproveitáveis e causadores de grande impacto ambiental.

Basto (2018), analisou a determinação da pozolanicidade por condutividade elétrica do lodo de ETE para adição ao cimento Portland, onde foi verificada a influência da temperatura de calcinação quanto as características da cinza obtida do lodo da ETE Mangueira, localizada em Recife, assim, foi avaliada a possibilidade de utilização do material como adição mineral. Dentre as temperaturas ensaiadas, as de 600° C e 700°C foram as únicas que atingiram os requisitos mínimos de resistência a compressão, classificando a cinza de lodo de esgoto (CLE) como

pozolana. A temperatura de 600°C foi a mais adequada para que a CLE seja utilizada em argamassas e concretos de cimento Portland.

Duarte (2008), avaliou a incorporação de lodo de esgoto na massa cerâmica para a fabricação de tijolos maciços. Foi constatado que a adição de lodo, independentemente da quantidade, não houve alteração no odor dos tijolos. Para os ensaios quanto a variação do tamanho e deformações, as dosagens começaram a ser mais significativas a partir dos 25% e acima disso os tijolos se tornaram quebradiços. A absorção de água foi proporcional ao aumento da dosagem de lodo. Por fim, foi concluído que 20% de lodo é a dosagem máxima aceitável a ser incorporado na massa cerâmica para que atenda, tanto aos requisitos técnicos como os ambientais.

Madalozzo (2008), verificou o desempenho mecânico do solo condicionado com lodo de esgoto calcinado, para isso, foram realizados vários ensaios com diferentes dosagens de lodo calcinado, havendo mudanças no desempenho mecânico de tensão-deformação do solo, entre plástico e elástico, sendo que a mudança desse comportamento acontece a partir da dosagem de 17,5%. O autor vê a necessidade de novas pesquisas para que o novo produto seja utilizado tanto para a melhoria do desempenho mecânico do solo, como para outros fins, servindo como apoio ao combate à erosão, reforço de estradas e também melhorando as propriedades de engenharias do solo.

Bonini, Alves e Montanari (2015), avaliaram a aplicação de lodo de esgoto e a adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. Como resultados obtidos, o lodo de esgoto teve influência positiva aos atributos químicos do solo. Tendo os teores de fósforo, matéria orgânica e saturação por base como bons indicadores da qualidade química do solo. A dosagem obtida para tratamento com melhor resultado indicado pelo incremento de matéria orgânica (MO) e bases trocáveis do solo é de 60 Mg ha⁻¹, viabilizando esse material para reuso, sendo que o ensaio testemunha vegetação nativa obteve os melhores resultados para os demais atributos do solo.

Devido à dificuldade em gerenciar aterros sanitários, a incineração do lodo acaba sendo uma das alternativas de disposição final muito utilizada em alguns países, sendo que o alto custo e uma operação sofisticada, acabam inviabilizando esse processo. Um fator que agrava esse método seria o descarte de forma apropriada para as cinzas produzidas, com isso, alguns autores acabam não considerando a incineração como disposição final (LARA, ANDREOLI e PEGORINI; LUDUVICE e FERNANDES, 2007; BASTO, 2018).

Através desses e vários outros estudos que vem sendo realizados, é notável que o lodo de esgoto gerado nas estações de tratamento, apesar do lado negativo, por possuir alto nível de patogenicidade, metais pesados e compostos tóxicos, a depender de sua destinação, pode receber tratamento adequado para ser reutilizado ou reciclado para a sua utilização em outras atividades, como um novo produto ou substituição de parte da matéria-prima, contribuindo assim com a redução de impactos ambientais e proliferação de vetores, que causariam consequentemente riscos à saúde da população por conta do seu descarte inapropriado.

LEGISLAÇÃO VIGENTE

Existem legislações adequadas para o correto descarte dos resíduos sólidos, mas uma prática muito comum em algumas estações é o descarte em corpos d'água de forma inadequada, tornando um grande desafio para o saneamento (ACHON; BARROSO e CORDEIRO, 2013).

A necessidade de controlar e regulamentar de forma adequada os resíduos sólidos para reduzir os impactos ambientais, como emissão de gases, contaminação do solo, poluição das águas, entre outros, tornou-se necessário a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS instituída pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizada a revisão bibliográfica a respeito dos temas de interesse da pesquisa, almejando fundamentar o objeto de estudo bem como algumas das questões que envolvem o saneamento básico e o esgotamento sanitário. Acerca da destinação do lodo de esgoto gerado nas ETE's foi verificado uma alta demanda de métodos de descartes menos agressivos à saúde da população e ao meio ambiente, assim como novas aplicações desse produto como material reciclável.

O lodo gerado nas ETE's após passar por processo de beneficiamento apresenta viabilidade técnica de reutilização. O processo de estabilização química do lodo das ETE's (adição de cal) mostra-se eficiente método para neutralização de agentes patógenos. Os processos físicos que envolvem a redução de volume do lodo evidência um importante fator, visto que reduz os custos com armazenagem e transporte.

REFERÊNCIAS

- ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 115-122, abr/jun 2013.
- ALVES FILHO, A. **A desinfecção de lodo de esgoto anaeróbio para fins agrícolas**. 2014, 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Uberlândia, 2014.
- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.
- BARROS, I. T.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA JÚNIOR, I. G; COSTA, A. C. S. Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 630-638, 2011.
- BASTO, P. E. de A. **Determinação da pozolanicidade por condutividade do lodo de estações de tratamento de esgoto (ETE) para adição ao cimento Portland**. 2018. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
- BERTON, R. S. Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados. *In*: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna – SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. P.259-268.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, PB, UAEA/UFCG, v.19, n.4, p.388-393, abr. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA/MMA. Resolução n. 375, de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 de ago. 2006.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Manual de saneamento. 3 ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União de 8 de jan.2007 e retificado no **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, de 11 de jan. 2007.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 de ago. 2010.

CHAVES, V. S., SCHNEIDER, E. H. M., LIMA, A. S. P., MENDONÇA, L. C. Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju. **Revista DAE**, v.66, n. 209. p. 51-58, jan/mar 2018.

DANTAS, F. V. A.; LEONETI, A. B.; OLIVEIRA, S. V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B. Uma análise da situação do saneamento no brasil. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e gestão**, v.15, n. 13, p.272-284, set/out/nov/dez, 2012.

DUARTE, A. C. L. **Incorporação de lodo de esgoto na massa cerâmica para a fabricação de tijolos maciços: uma alternativa para a disposição final do resíduo**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Natal, RN, 2008.

FONTES, C. M. A. **Potencialidades da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos como material suplementar para a produção de concretos com cimento Portland**. 2003. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

GODOY, L. C. A logística na destinação do lodo de esgoto. **Revista Científica on-line - Tecnologia, Gestão e Humanismo**, Revista da Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, v.2, n.1, p. 79-90, nov. 2013.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. (2007) **Saneamento básico**. S. I., 9 p. Apostila do Instituto de Tecnologia/Departamento de Engenharia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

INGUNZA, M. P. D.; ANDREOLI, C. A.; NASCIMENTO, R. M.; TINÔCO, J. D.; HOPPEN, C.; PEGORINI, E. S. **Uso de resíduos do saneamento na fabricação da cerâmica vermelha**. In: Biosólidos. PROSAB. Curitiba: ABES, 2006.

ITB – Instituto Trata Brasil. **Manual do Saneamento Básico**. 2012. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>> Acesso em: 03 out. 2019.

ITB – Instituto Trata Brasil. **Painel Saneamento Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=280030>>. Acesso em: 10 out. 2019.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6ª ed., Rio de Janeiro: ABES, 2011.

LARA, A. I.; ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S. Environmental impact assessment and monitoring of final sludge disposal. *In: Sludge Treatment and Disposal*, v. 6, p.207-225. London: IWA Publishing, 2007.

LIMA, J. F. **Avaliação da incorporação de cinzas de lodo de esgoto como adição mineral em concretos de cimento Portland**. 2013. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2013.

LOUSADA, L. L. **Nutrição e crescimento de sorgo sacarino e alterações nos atributos do solo pela aplicação de lodo doméstico**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos, RJ, 2015.

LUDUVICE, M.; FERNANDES, F. Sludge transformation and disposal methods. *In: Sludge Treatment and Disposal*, v. 6, p.207-225. London: IWA Publishing, 2007.

MADALOZZO, I.L. **Desempenho mecânico do solo condicionado com lodo de esgoto calcinado**. 2008. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, PR, 2008.

METCALF; EDDY, INC. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and reuse**. New York: Ed. McGraw-Hill, 2002. 1334 p.

NUVOLARI, A.; TELLES, D. D.; MIYASHITA, N.J.; RODRIGUES, R.B.; DE ARAUJO, R. B. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Bücher, 2007. 522p.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E; SOUSA, J. F.; PICKLER, A. C.; LEAL, E. R.; MILHOMEN, C. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**. v.11, n.16, p. 89-XX jul/dez. 2010.

PIVELI, R.P. **Tratamento de esgotos sanitários**. Apostila do curso de tratamento de esgoto sanitários. Faculdade de Saúde Pública – USP, SP, 2006. 71p.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M.S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental). Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Juiz de Fora, MG, 2010.

SILVA, A. A. **Indicadores para avaliação de efeitos de intervenções de saneamento básico: a questão da sustentabilidade**. 2015. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2015.

SIQUEIRA, D. P.; BARROSO, D. G.; MARCIANO, C. R. Lodo de esgoto: diretrizes e o seu uso como fertilizante, condicionador de solo e substrato florestal. **Revista Vértices**. Campos de Goytacazes/RJ, v.19, n. 3, p.171-186. set/dez. 2017.

TSUTIYA, M. T., COMPARINI, J. B., SOBRINHO, P. A., HESPANHOL, I., CARVALHO, P. C. T., MELFI, A.J., MELO, W.J., MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**, 1ª ed. São Paulo, Sabesp, 2001.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Vol.1. - **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472p.

VON SPERLING, M. **Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal**. London: IWA Publishing, v.1, 2007.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Lays Carvalho de Almeida

Possui Mestrado e Doutorado em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes, Especialização em Docência do Ensino Superior, Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Tiradentes, Graduação Tecnológica em Saneamento Ambiental e Curso Técnico de Química de Alimentos pelo Instituto Federal de Sergipe. Atualmente Pós-Doutoranda no Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Processos na Universidade Tiradentes. Atuando principalmente em Biocatálise com ênfase em imobilização de enzimas para aplicações em reações de biotransformação na modificação de óleos e gorduras para a obtenção de biodiesel, ácidos graxos.

Milson dos Santos Barbosa

Cursou Engenharia de Petróleo pela Universidade Tiradentes (UNIT) e graduou-se em 2014. Durante o período da graduação, desenvolveu pesquisas de iniciação científica no Núcleo de Estudos em Sistemas Coloidais (NUESC) junto ao Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP), atuando na separação de emulsões de petróleo utilizando líquidos iônicos e micro-ondas. Possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Pio Décimo (2016). Obteve o título de Mestre em Engenharia de Processos pela UNIT, em 2017. Atualmente é doutorando em Engenharia de Processos pela UNIT e desenvolve pesquisas voltadas à aplicação de líquidos iônicos na biocatálise e produção de biolubrificantes por rota enzimática. Durante o doutorado, já desenvolveu pesquisa sanduíche no Instituto de Química da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG).

Nayára Bezerra Carvalho

Engenheira Ambiental, Mestre e Doutora Engenharia de Processos. Professora com experiência nas disciplinas de Fenômenos de Transporte, Termodinâmica, Operações Unitárias, Química Geral e Inorgânica, Hidráulica, Saneamento, Gestão de Resíduos Sólidos e Gestão de Recursos Hídricos, Legislação e Direito Ambiental. Possui experiência também na área de Engenharia Ambiental e Engenharia Química, com ênfase em Processos Bioquímicos, atuando com os seguintes temas: produção suportes de sílica, produção de enzimas, imobilização de enzimas por diferentes técnicas e aplicação em biocatálise.

ÍNDICE REMISSIVO

A

abatedouro, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51
 aço, 46, 86, 88, 90, 91, 92, 93, 96, 97, 98, 105
 água, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25,
 26, 27, 28, 29, 41, 43, 47, 49, 50, 59, 74, 75, 76, 77,
 78, 81, 82, 83, 110, 117, 124, 125, 130, 132, 133,
 134, 135, 136, 137, 139, 140, 142, 143, 144, 145,
 147, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 157, 158, 159,
 160, 161, 162, 165, 167, 174, 175, 176, 181, 182
 alimentos, 130, 163, 164, 165, 166, 170, 171, 172, 176
 alumínio, 63, 72, 105, 120
 aluminizada, 63, 65, 68, 69, 71
 ambientais, 7, 8, 15, 17, 30, 35, 36, 38, 40, 41, 44, 49,
 50, 53, 55, 56, 57, 59, 71, 73, 74, 75, 88, 102, 105,
 106, 114, 143, 148, 149, 152, 175, 178, 179, 181,
 182
 ambiental, 7, 8, 9, 14, 15, 16, 17, 19, 27, 28, 30, 31, 35,
 36, 37, 38, 41, 48, 49, 52, 53, 54, 56, 57, 61, 64, 72,
 88, 99, 100, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110,
 111, 112, 116, 117, 119, 120, 125, 126, 131, 133,
 139, 143, 147, 149, 151, 153, 161, 174, 175, 177,
 179, 180, 182
 antieconômico, 52
 arbóreas, 74, 75, 76, 81, 82, 83
 áreas, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24,
 29, 36, 58, 82, 83, 86, 87, 116, 117, 122, 123, 124,
 125, 127, 128, 134, 135, 147, 148, 149, 150, 151,
 153, 161, 175, 176, 180
 aridez, 7, 8
 armazenagem, 18, 182
 armazenamento, 15, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 81, 82, 111,
 112, 113, 116, 117, 118, 119, 164, 165, 171

B

banana, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171,
 172, 173
 benefício, 18, 28, 48, 86, 87
 biológicos, 134, 145, 147, 150, 165

C

calor, 20, 63, 64, 69, 160
 captação, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 57, 66, 74, 75, 81,
 83, 160
 carne, 40, 41
 cartilhas, 110, 119
 cartonadas, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 73
 cerâmica, 152, 153, 154, 156, 158, 159, 160, 181, 183
 classificação, 9, 50, 76, 101, 105, 110, 111, 112, 113,
 115, 116, 119, 168, 169, 171
 coleta, 20, 22, 23, 26, 28, 34, 35, 42, 43, 45, 64, 67, 70,
 72, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 109,
 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120,
 132, 134, 136, 139, 141, 142, 147, 153, 155, 174,
 175, 176, 179, 184
 coletores, 108, 110, 113, 117, 118, 119, 140, 141, 142
 compostagem, 100, 104, 105, 110, 118, 119, 136, 180
 concreto, 25, 86, 88, 89, 90, 91, 93, 95, 98, 143
 condomínio, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
 52, 53, 54, 58, 61, 110, 111, 112, 113, 114, 115,
 116, 117, 118, 119, 120

construção, 16, 19, 35, 43, 48, 59, 61, 63, 64, 86, 113,
 123, 132, 136, 139, 140, 141, 143, 152, 153, 154,
 162, 175, 180
 contaminação, 23, 28, 100, 106, 110, 114, 138, 145,
 147, 149, 150, 151, 176, 177, 182
 custo, 18, 22, 23, 24, 26, 40, 48, 57, 66, 68, 69, 72, 73,
 86, 87, 88, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 153, 157, 162,
 166, 178, 179, 181

D

degradação, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 30, 49,
 53, 54, 82, 123, 125, 126, 149
 demanda, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 31, 41, 43, 45,
 60, 136, 152, 182
 descartados, 63, 110, 114, 119
 descarte, 20, 25, 99, 106, 114, 120, 160, 164, 174, 175,
 176, 180, 181, 182
 desenvolvimento, 10, 14, 15, 19, 25, 26, 28, 30, 31, 32,
 33, 35, 36, 37, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 77,
 99, 102, 125, 146, 153, 164, 174
 desmatamento, 7, 11, 14, 15, 16, 19, 55, 123, 129
 desperdício, 19, 58, 82, 100, 163, 166, 171, 173
 drenagem, 25, 28, 86, 100, 132, 134, 135, 138, 139,
 140, 142, 145, 149, 152, 157, 161, 162, 176

E

economia, 18, 22, 23, 26, 28, 35, 56, 133, 176
 econômica, 7, 22, 44, 53, 57, 59, 65, 72, 74, 153
 econômico, 15, 30, 37, 44, 54, 55, 57, 62, 134, 176
 edificações, 63, 64, 72, 73, 161
 educação, 56, 99, 100, 102, 103, 105, 106, 107, 108,
 110, 111, 116, 117, 119, 120, 125, 149, 161
 efluente, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 138
 eletricidade, 31, 52, 57
 embalagens, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 118, 171
 energia, 10, 16, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 45,
 47, 48, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66,
 136
 engenheiro, 86, 151
 eólica, 14, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 59
 esgotamento, 28, 100, 123, 132, 134, 135, 138, 139,
 142, 144, 175, 182
 esgoto, 22, 23, 26, 42, 43, 46, 114, 133, 138, 139, 140,
 142, 147, 174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182,
 183, 184
 esgotos, 83, 133, 138, 145, 149, 176, 177, 178, 182,
 183, 184
 Estado, 7, 20, 24, 36, 43, 46, 52, 53, 54, 76, 83, 109,
 123, 132, 133, 136, 143, 144, 155
 estiagens, 7
 estratégias, 15, 18, 102, 112, 125

F

financeiros, 18
 foliares, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83
 fotovoltaica, 52, 53, 54, 57, 59, 61
 frango, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 49

G

geográfica, 7, 123
 geográficos, 7

gorduras, 40, 41, 186

H

hídrica, 14, 26, 28, 122

I

impactos, 8, 14, 15, 16, 19, 33, 36, 38, 40, 49, 53, 57, 74, 110, 114, 148, 149, 172, 174, 175, 179, 181, 182

implantação, 16, 22, 23, 24, 26, 28, 30, 31, 36, 37, 58, 65, 66, 69, 72, 100, 102, 126, 136, 142, 149, 153

incentivos, 30, 36, 37, 62, 107

infraestruturas, 132

investimento, 18, 19, 22, 26, 28, 30, 37, 38, 58, 59, 175

irrigação, 15, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 161

isolamento, 63, 64, 71, 126, 149, 160

isolantes, 63

L

legislações, 174, 180, 182

lodo, 45, 48, 174, 175, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184

M

mantas, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73

meio ambiente, 8, 14, 15, 19, 30, 31, 40, 41, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 63, 72, 99, 100, 106, 115, 133, 136, 139, 142, 145, 146, 148, 149, 150, 153, 171, 174, 175, 179, 180, 182, 184

microaspersores, 74, 75, 82

microbiológica, 43, 45, 163, 166, 167

microdrenagem, 132, 139

N

nascentes, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130

natureza, 30, 53, 99, 132, 135

O

orgânica, 12, 14, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 101, 103, 105, 106, 107, 110, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 177, 178, 179, 181

P

palestras, 19, 28, 102, 106, 107, 110, 116, 119, 126

papel, 33, 61, 63, 66, 105, 106, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122

permeabilidade, 132, 135, 136, 140, 142

plástico, 63, 75, 76, 78, 90, 105, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 181

pluvial, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 28, 152, 153, 161, 162

pluviométrico, 7, 154, 155

poeira, 145, 147, 149, 150, 151

políticas, 8, 56, 99, 100, 145

população, 8, 16, 19, 40, 42, 52, 60, 63, 64, 73, 99, 100, 101, 102, 105, 107, 114, 115, 125, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 152, 153, 164, 165, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182

potáveis, 18, 19, 20, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 153, 160, 161

potável, 18, 19, 24, 26, 28, 132, 133, 175

preservação, 8, 14, 27, 28, 30, 31, 35, 37, 49, 53, 57, 72, 122, 124, 126, 153, 176

preservadas, 7, 10, 16, 129

preservar, 18, 19, 30, 122, 132, 137

produção, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 48, 52, 56, 63, 67, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 83, 105, 114, 116, 132, 145, 146, 147, 150, 164, 165, 166, 170, 171, 173, 183, 186

produtividade, 13, 16, 174

projeto, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 58, 59, 61, 68, 86, 87, 88, 96, 97, 100, 102, 107, 123, 129, 132, 140, 141, 142, 154, 162

protótipos, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 162

R

reciclagem, 63, 64, 72, 100, 101, 105, 109, 111, 114, 116, 117, 120, 135, 179, 180

recicláveis, 100, 102, 103, 105, 106, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120

recurso, 18, 32, 63, 64

recursos, 8, 11, 13, 14, 15, 18, 19, 27, 28, 30, 35, 38, 52, 53, 57, 59, 60, 64, 82, 99, 100, 114, 122, 123, 130, 133, 152, 174

renda, 52, 59, 61, 64, 103, 113, 130, 176

renovável, 30, 31, 33, 34, 36, 52, 53, 58

resíduos, 19, 41, 72, 73, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 132, 133, 134, 135, 136, 141, 142, 164, 165, 166, 170, 171, 173, 174, 176, 180, 182, 183

restauração, 122

reuso, 18, 19, 120, 153, 179, 181, 184

riscos, 115, 142, 145, 147, 148, 149, 151, 179, 180, 181

ruídos, 145, 150

S

saneamento, 22, 26, 44, 132, 133, 134, 142, 143, 144, 148, 174, 175, 176, 182, 183, 184

seca, 7, 21, 24, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 137

segurança, 87, 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151

semiárido, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 125

sensorial, 163, 165, 166, 168, 170, 171, 172, 173

sinalização, 110, 113

social, 7, 15, 30, 37, 52, 57, 64, 105, 133, 134, 161

sociedade, 35, 53, 57, 86, 99, 105, 133, 134, 163

socioambiental, 30, 34, 37, 58, 174, 175

sólidos, 23, 40, 41, 43, 45, 72, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 132, 133, 134, 135, 141, 142, 170, 173, 174, 176, 177, 178, 182

Solver, 86, 92, 95

subterrânea, 111, 145, 147, 150

sustentabilidade, 8, 11, 14, 28, 30, 31, 35, 37, 38, 52, 53, 57, 122, 126, 152, 184

sustentável, 10, 14, 15, 19, 28, 30, 35, 37, 38, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 72, 73, 118, 125, 160, 161, 162, 174

T

tecnológica, 7, 170, 173

telha, 65, 69, 71, 152, 153, 154, 156, 158, 159, 160

telhados, 25, 58, 59, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162

térmica, 63, 65, 71, 72, 153

térmico, 63, 64, 65, 66, 71, 72, 73, 160, 180

terras, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16

território, 30, 31, 33, 36, 100, 133

trabalho, 9, 10, 8, 9, 19, 24, 27, 30, 35, 37, 46, 49, 54,
61, 62, 63, 69, 87, 88, 89, 91, 93, 97, 99, 101, 106,
111, 122, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152,
153, 175

tratamento, 20, 24, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49,
50, 51, 64, 77, 83, 102, 114, 135, 136, 137, 138,

139, 142, 143, 146, 160, 161, 167, 170, 173, 174,
175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184

V

vegetal, 7, 8, 13, 14, 122, 128, 163

vulnerabilidades, 7, 8

A proposta técnica deste trabalho é dar um passo adiante, inspirar e assim conseguir atingir novos modelos de engenharia para o desenvolvimento sustentável. Assim sugiro aos leitores uma reflexão sobre o tema e os trabalhos, e a partir daí ter uma conjunção de aspectos para que possam ultrapassar limites, de avançar, de fazer melhor do que foi feito até então. Afinal, qualquer atividade na questão de desenvolvimento sustentável irá demandar reflexão, técnica, tempo, conhecimento & energia.

ISBN 978-65-86212-80-8



9 786586 212808 >