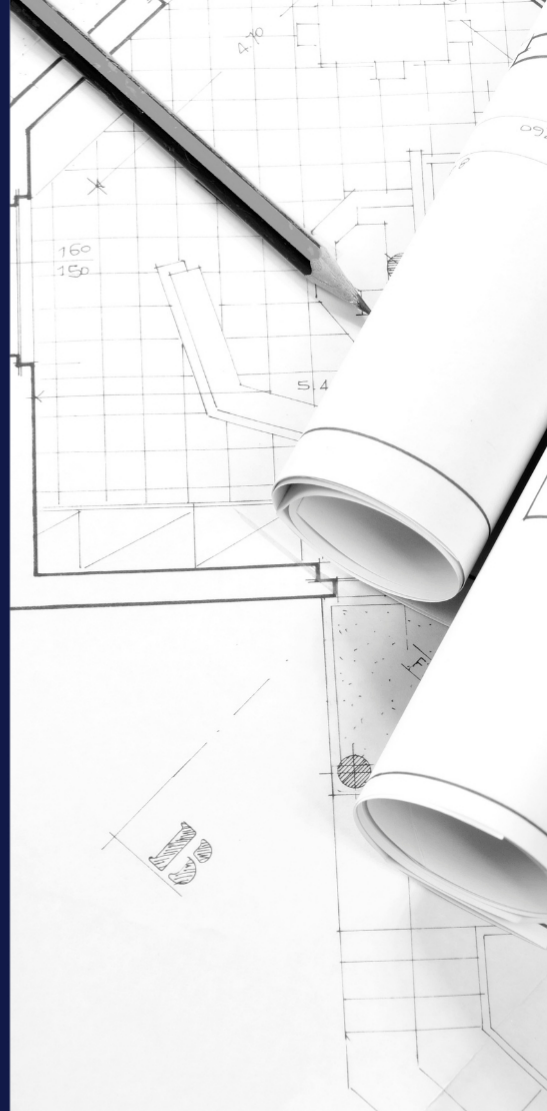
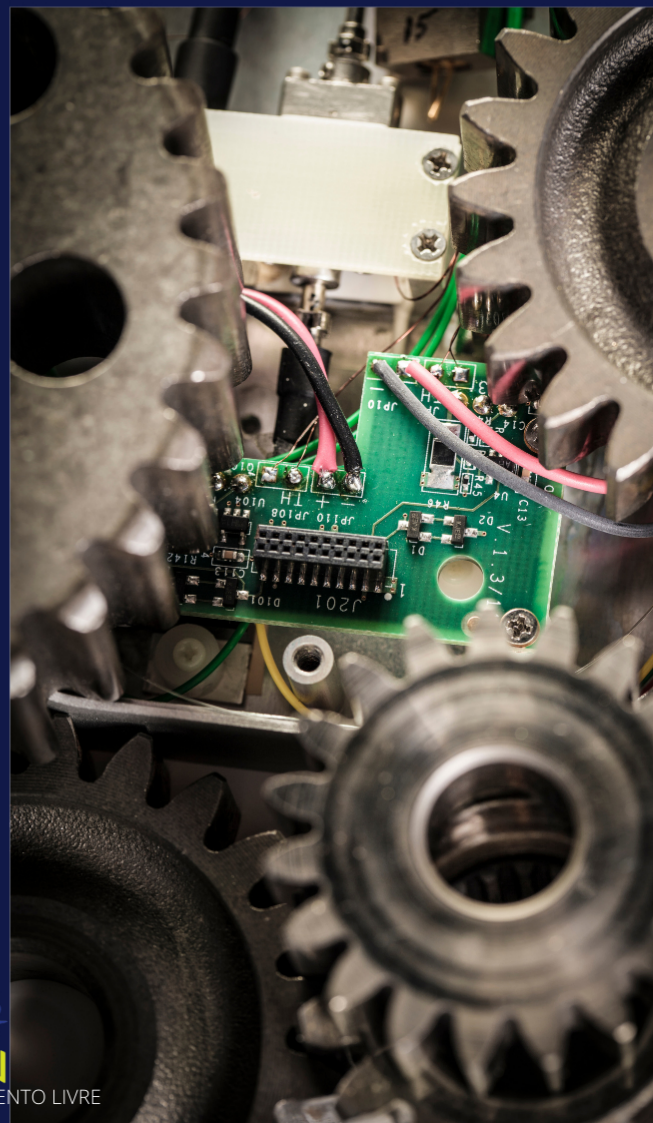




ENGENHARIA: CRIAÇÃO, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO

VOLUME VII



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: criação, construção e manutenção

7ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

7ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: criação, construção e manutenção

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

108 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl466

ISBN: 978-65-5367-097-6

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. projetos 2. implantação 3. desenvolvimento 4. sistemas I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl466>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022

CAPÍTULO 1	6
PLANEJAMENTO RURAL PARA O SEMI-ÁRIDO COM BASE EM METODOLOGIA DE DETERIORAÇÃO AMBIENTAL	
Karen Maria da Costa Mattos	
Arthur Mattos	
Danilo D. C. Silva	
Katty Maria da Costa Mattos	
DOI 10.37423/220305560	
CAPÍTULO 2	20
DESENVOLVIMENTO DE TINTA EPÓXI BASE ÁGUA COM ALTA RESISTÊNCIA E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA	
Letícia Alves da Costa Laqua	
Rafael Dias	
Ricardo Antonio Francisco Machado	
Filipe Freitas	
DOI 10.37423/220305567	
CAPÍTULO 3	32
OBSERVAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DESCARTE DE CANETAS PILOT EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR	
Jacqueline Silva de Jesus	
Aline Santana dos Santos	
Celso Carlino Maria Fornari Junior	
DOI 10.37423/220305593	
CAPÍTULO 4	48
ESTRUTURAÇÃO DE BDE PARA SISTEMA DE GEOINFORMAÇÃO DE SUPORTE À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE	
Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira	
Lucilene Antunes Correia Marques de Sá	
DOI 10.37423/220305594	
CAPÍTULO 5	63
MANUFATURA ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: INDICADORES PARA A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL	
Liane Mahlmann Kipper	
Lucas Vinicius Reis	
Nicholas Hoffmann	
Sandra Iepsen	
Liege Martini	
Ana Júlia Dal Forno	
DOI 10.37423/220305598	

CAPÍTULO 6	77
IMPLANTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (RIMAS) / SGB -	
CPRM: SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA - OESTE DO ESTADO DA BAHIA	
Paulo Cesar Carvalho Machado Villar	
Cristovaldo Bispo dos santos	
Cristiane Neres Silva	
DOI 10.37423/220305600	
 CAPÍTULO 7	 87
TRATAMENTO DE CHORUME EM REATOR DE LUZ ARTIFICIAL BRANCA UTILIZANDO O	
PROCESSO FOTO FENTON LIKE	
Geraldo Martins Rodrigues Filho	
Otidene Rossiter Sá da Rocha	
Maurício Alves da Mota	
Valdinete Lins da Silva	
DOI 10.37423/220305604	
 CAPÍTULO 8	 96
SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DO CONCENTRADOR DE TENSÕES EM JUNTAS	
SOLDADAS	
Marcos Antonio Souza do Nascimento Segundo	
Rodrigo Yoshio Ferreira Hiramine	
José Dásio de Lira Junior	
Tiago de Sousa Antonino	
Pablo Batista Guimarães	
DOI 10.37423/220305642	

Capítulo 1



10.37423/220305560

PLANEJAMENTO RURAL PARA O SEMI-ÁRIDO COM BASE EM METODOLOGIA DE DETERIORAÇÃO AMBIENTAL

Karen Maria da Costa Mattos

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Arthur Mattos

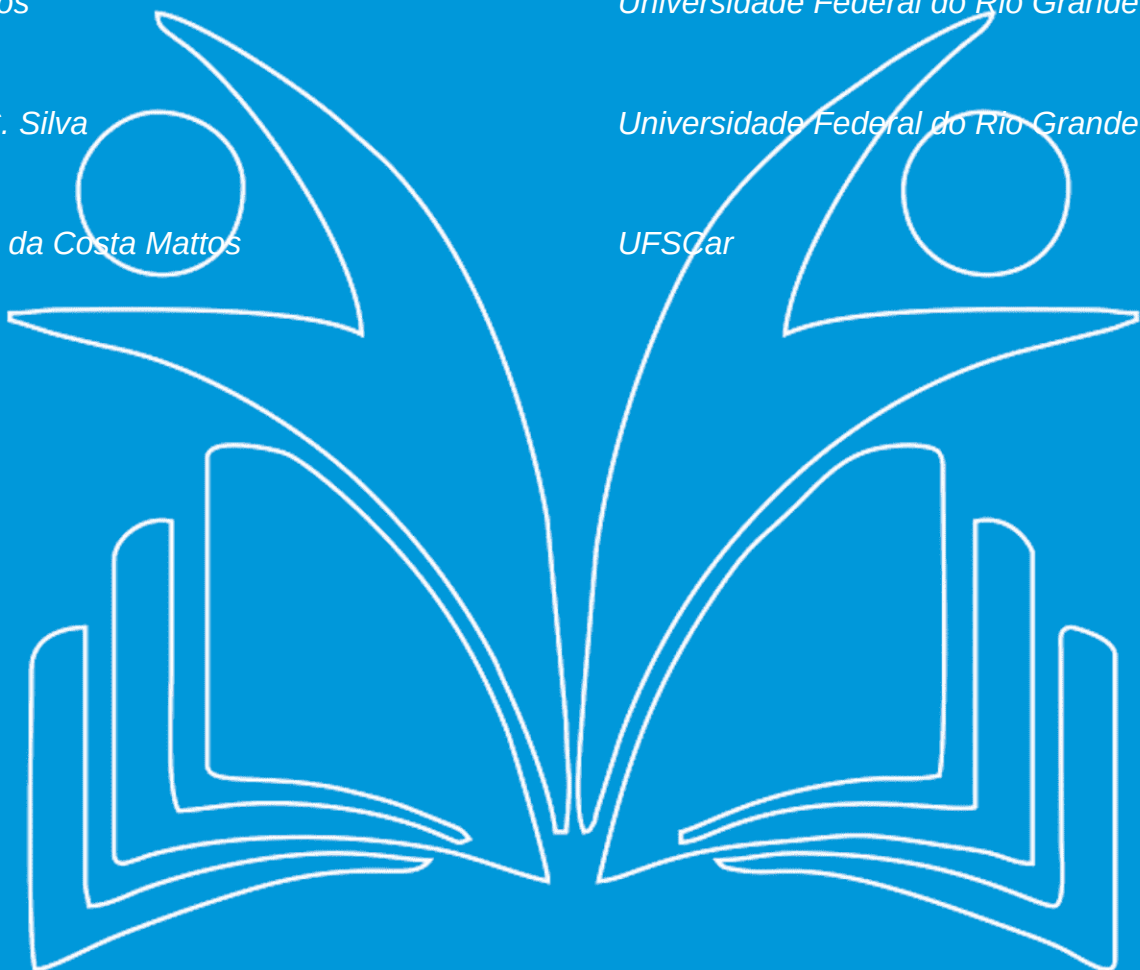
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Danilo D. C. Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Katty Maria da Costa Mattos

UFSCar



Resumo - No mundo contemporâneo a deterioração das áreas semi-áridas do planeta tem sido foco de atenção da comunidade científica. O Brasil possuidor de um semi-árido considerado o mais problemático do mundo vem ao longo dos anos sofrendo conseqüências deste processo. Em meio a esta realidade, estudos têm alertado a comunidade científica sobre a necessidade de introdução de infra-estrutura hídrica com base em tecnologias alternativas de captação de água pluvial, dentre as quais a barragem subterrânea é uma das mais difundidas no semi-árido brasileiro. A presente pesquisa apresenta uma alternativa para planejamento rural em regiões semi-áridas a partir da construção de barragem subterrânea dirigida por informação do mapa da capacidade de uso do solo, oriundo de metodologia de deterioração ambiental. Os resultados foram satisfatórios (proporcionando à construção de uma barragem subterrânea no semi-árido do Brasil) e podem servir como indicativo para reaplicações da metodologia, em contextos semelhantes, ao redor do mundo.

Palavras-Chave – Manejo Integrado. Deterioração do Semi-árido, Barragem Subterrânea.

1 INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo a deterioração das áreas semi-áridas do planeta tem sido foco de atenção, tanto da mídia, quanto da comunidade científica. O Brasil possuidor de um semi-árido considerado o mais problemático do mundo, seja por pressões dos fatores físicos (como núcleos de desertificação), seja por pressões nos fatores sociais (como a região semi-árida mais populosa do mundo), vem ao longo dos anos sofrendo conseqüências de tal problemática (CIRILO, 2008). Em meio a esta realidade, estudos tem alertado a comunidade científica sobre a necessidade de introdução de infra-estrutura hídrica com base em tecnologias alternativas de captação de água pluvial (ONDER e YILMAZ, 2005)(CIRILO ET AL, 2007), dentre as quais a barragem subterrânea é uma das mais difundidas no semi-árido brasileiro (ROCHA e KURTZ, 2007). Em meio a realidade descrita, todavia, é instaurada uma problemática ligada aos locais mais adequados para introduzir a tecnologia, de forma ao aproveitamento agrícola gerado pela mesma não comprometer um ambiente semi-árido fragilizado. Bertoni e Lombardi Neto (1999), entretanto, apresentam o mapa de capacidade de uso do solo como alternativa para conservação de um ambiente fragilizado.

A presente pesquisa vem apresentar a viabilidade da aplicação do mapa de capacidade de uso do solo (com base no diagnóstico físico conservacionista de metodologia desenvolvida por Rocha (1997)) como instrumento de planejamento da localização de barragem subterrânea (para fins agrícolas) em micro-bacia hidrográfica situada no semi-árido brasileiro.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANÁLISE DE DETERIORAÇÃO AMBIENTAL

Na análise de deterioração ambiental Canter (1998) apresenta metodologia própria, bastante difundida ao redor do mundo, com o fim de análise da deterioração proveniente de impactos ambientais. Rocha (1997) tendo como pressupostos alguns modelos difundidos ao redor do mundo, apresenta um modelo de metodologia de análise de deterioração do ambiente baseado no uso de diagnósticos. Giasson et al (2005) conceitua o diagnóstico como levantamento de todos os parâmetros necessários à compreensão da propriedade e de suas relações com o meio, com a utilização de informações obtidas de relatórios de levantamento de solos, mapas climáticos, anuários estatísticos, entrevistas com técnicos e com o produtor, pesquisa de campo, fotografias aéreas e investigação da propriedade. Rocha (1997) elabora um modelo de análise ambiental de bacia hidrográfica (e/ ou suas

derivações) com base em três diagnósticos básicos: o ambiental, o sócio-econômico e o diagnóstico físico-conservacionista.

2.2 DIAGNÓSTICOS DA AMBIÊNCIA: FÍSICO-CONSERVACIONISTA

Para análise do meio físico da micro-bacia hidrográfica Rocha e Kurtz (2007) apresentam o diagnóstico físico conservacionista. Este diagnóstico de acordo com Rocha (1997) tem como base o uso do coeficiente de rugosidade, no qual, a partir do mesmo, se elabora o mapa de capacidade de uso do solo. Rocha (1997) comenta que a base para a formação do coeficiente de rugosidade são os valores de densidade de drenagem e declividade média da região a ser analisada.

2.3 PLANEJAMENTO DO MANEJO COM BASE NO MAPA DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO

Segundo Giasson et al (2005) para proceder o planejamento é importante o uso de diagnósticos, pois a partir dos mesmos, se objetiva encontrar soluções para a exploração e a melhoria da qualidade de vida do produtor com a menor deterioração ambiental. Rocha (1997) elabora um modelo de desenvolvimento de mapa de capacidade de uso do solo com base em diagnóstico físico-conservacionista. Bertoni e Lombardi Neto (1999) comentam que o mapa de capacidade de uso do solo direciona o uso do solo segundo a capacidade de uso para agricultura, ou para pastagem, ou para o florestamento, sendo portanto um importante meio para planejamento conservacionista do uso do solo. Rocha e Kurtz (2007), entretanto, posterior a aplicação de diagnósticos apresentam estratégias para mitigar a deterioração local com base no manejo, tendo como um dos exemplos citados a barragem subterrânea. Para Rocha e Kurtz (2007) e o Baracuhy et al (2007) o objetivo principal da barragem subterrânea está vinculado à exploração agrícola, especialmente no semi-árido do Brasil (ROCHA e KURTZ,

2007), uma vez que, proporciona um armazenamento de água (através da contenção de água pelos poros dos solos localizados a montante do barramento) aumentando assim a macroporosidade da superfície, diminuindo a capilaridade e portanto, a perda de água por evaporação. Entendendo o uso da barragem subterrânea como vinculada a agricultura a seleção de área para introdução da barragem subterrânea deve possuir aptidão para tal, caso contrário, conforme Rocha (1997) em áreas onde o uso atual não corresponde a sua capacidade de uso ocorre a deterioração.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada foi desenvolvida em torno da elaboração do mapa de capacidade de uso do solo, usando como base o modelo de elaboração oriundo do diagnóstico de deterioração físico-conservacionista de Rocha (1997). O manejo (com ênfase em construção de barragem subterrânea voltada para melhorar o cultivo agrícola), posterior, teve como base a aptidão do solo (voltada para agricultura) indicada pelo mapa de capacidade de uso do solo. Para aplicação da metodologia foi selecionada micro-bacia localizada, conforme mostra a fig. 1, a seguir, no município de Currais Novos – Rio Grande do Norte – Brasil.

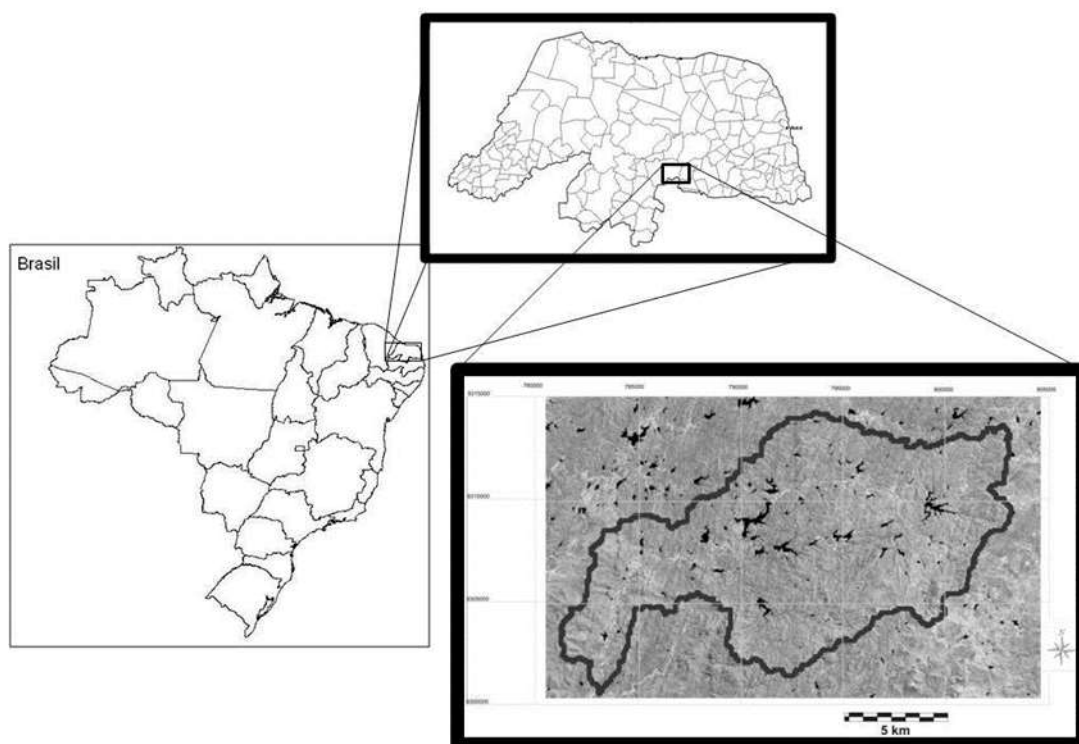


Fig. 1 Micro-bacia localizada na zona rural do município de Currais Novos – RN - Brasil

3.1 ELABORAÇÃO DO MAPA DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO COM BASE NO DIAGNÓSTICO FÍSICO- CONSERVACIONISTA

Um dos resultados do diagnóstico físico-conservacionista proposto pelo Rocha (1997) é o mapa da capacidade de uso do solo. O mapa de capacidade de uso do solo, segundo o modelo do diagnóstico físico-conservacionista, tem como parâmetro básico o coeficiente de rugosidade. Para o cálculo do coeficiente de rugosidade parte-se da divisão da micro-bacia hidrográfica em unidades menores, denominadas de mini-bacias.

Uma vez dividida a micro-bacia que se pretende analisar em mini-bacias, parte-se então para calcular o coeficiente de rugosidade de cada mini-bacia. O coeficiente de rugosidade é dado pela seguinte expressão:

$$RN = D \times H \quad (1)$$

Sendo:

RN = coeficiente de rugosidade (adimensional).

D = densidade de drenagem do compartimento avaliado, em km/ha. H = declividade média do compartimento avaliado, em %.

A declividade média é encontrada com base em informações oriundas de plano de informação correspondente. O uso de cartas planialtimétricas é uma das fontes de informações que podem ser usadas para se encontrar a declividade média. O cálculo da declividade média é dado pela expressão:

$$H = (\Sigma LCN \times \Delta h / A) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

H = declividade média, em %.

ΣLCN = somatório dos comprimentos de todas as curvas de nível na Micro-bacia mapeada, em hm ou m.

A = área da Micro-bacia, em ha (ou m²).

Δh = eqüidistância das curvas de nível, em hm (ou m).

A densidade de drenagem “D”, de forma similar ao que ocorre com a declividade média parte-se da existência de um plano de informação (como cartas planialtimétricas) para se calcular o valor. O cálculo da densidade de drenagem é dado pela seguinte expressão:

$$D = \Sigma (R, C, T) / A \quad (3)$$

Onde:

$\Sigma R, C, T$ = somatório dos comprimentos das ravinas, canais e tributários de cada unidade de solo, em km;

A = área do compartimento, em ha;

D = densidade de drenagem, em km/ha.

Uma vez encontrados os valores da declividade média e densidade de drenagem é feita a multiplicação (conforme fórmula 01) para encontrar o coeficiente de rugosidade. Os coeficientes de rugosidade são encontrados, para cada mini-bacia (sub-divisão da micro-bacia) tendo portanto, valores distintos correspondentes ao numero de mini-bacia. Uma vez encontrados os valores específicos para cada mini-bacia é calculada a amplitude conforme formula a seguir:

$$A = \text{maior RN} - \text{menor RN} \quad (4)$$

Onde:

RN = Coeficiente de rugosidade

Com o valor da amplitude parte-se para encontrar o valor dos intervalos, para tanto, divide-se o valor da amplitude por 4. Os intervalos são dados pela expressão a seguir:

$$I = A / 4 \quad (5)$$

Após encontrados os intervalos, é classificado o menor valor de intervalo como sendo apto para agricultura (A), seguido por pastagem (B), pastagem/ florestamento (C) e ,por fim, a classe “D” adequada para florestamento. Concluído este procedimento são observados os valores iniciais de coeficiente de rugosidade, e os mesmo são classificados conforme os intervalos propostos com a aplicação da formula 05. A classificação de cada mini-bacia conforme os intervalos é o passo final para composição do mapa de capacidade de uso do solo.

3.2 MANEJO DE TECNOLOGIA APLICADA PARA MITIGAR A DETERIORAÇÃO LOCAL

O manejo é procedido em área onde o mapa de capacidade de uso do solo indique a aptidão para cultivo agrícola, uma vez que o que se pretende é a introdução de uma tecnologia que mitigue os efeitos da deterioração.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados de aplicação da metodologia.

4.1 DELIMITAÇÃO DA MICRO-BACIA

Para proceder à delimitação da micro-bacia inicialmente foi realizado o georreferenciamento (a partir da imagem do satélite Landsat de 19 de junho de 2008, com o uso do software IDRISI KILIMANJARO) tendo como base coordenadas conhecidas. Posteriormente a imagem foi exportada para o software arc gis onde foi delimitada a micro-bacia com a extensão rhec_goohmf e uma vez delimitada a micro-bacia, a figura foi exportada para o software AUTOCAD 2007.

4.2 DIVISÃO DA MICRO-BACIA

No software AUTOCAD 2007, uma vez já, delimitada a micro-bacia, a mesma foi dividida em 5 regiões, tendo como base a rede de drenagem e a topografia. Após a divisão a imagem foi exportada para o software COREL DRAW X3 para detalhamento final da composição do mapa de compartimento da micro-bacia, definindo assim as mini-bacias.

A fig.2, abaixo, mostra a divisão da micro-bacia em mini-bacia:

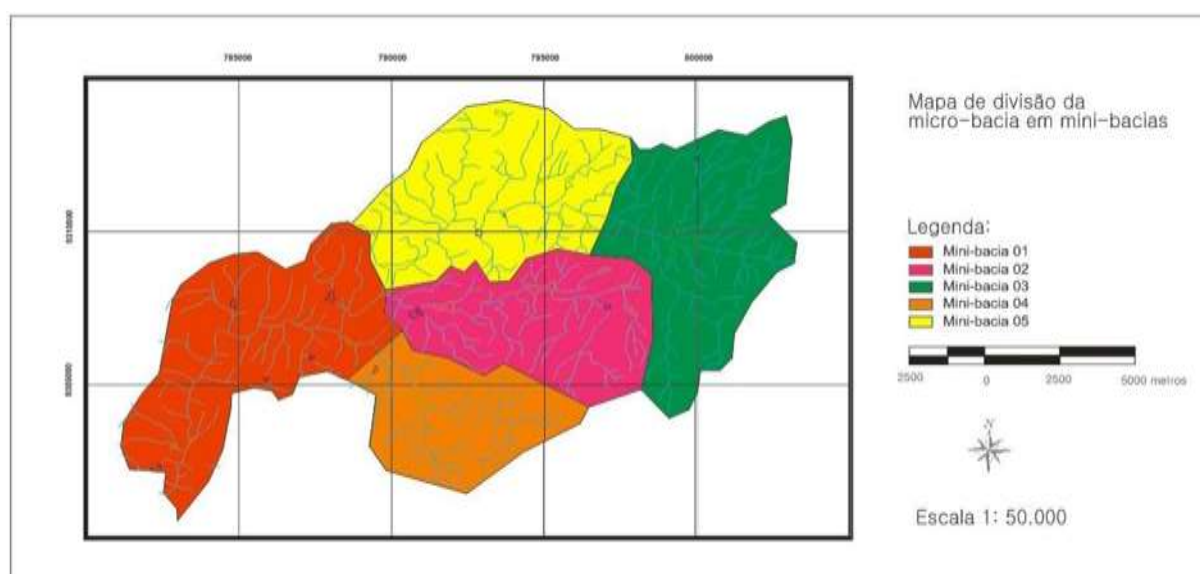


Fig. 2 Mapa de divisão da micro-bacia em mini-bacias

4.4 ELABORAÇÃO DO MAPA DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO

Após a divisão em mini-bacias foi, em cada mini-bacia, calculado o valor do coeficiente de rugosidade. Para cálculo do coeficiente de rugosidade é necessária a obtenção dos elementos: a densidade de drenagem e a declividade média.

4.4.1 ANÁLISE DA DECLIVIDADE MÉDIA

Para obtenção do primeiro elemento para cálculo do coeficiente de rugosidade (declividade média) foi utilizada a carta¹ topográfica digitalizada na escala de 1:100000, onde a partir do software AUTOCAD 2007 foram selecionadas as curvas de nível e divididas por mini-bacia. Depois da divisão das curvas de nível de cada compartimento foi realizada a soma das mesmas por mini-bacia. Uma vez realizado o somatório das curvas de nível de cada compartimento, foi procedida a multiplicação por 50 m (intervalo entre as curvas de níveis conforme descrito na formula 02 pelo “ Δh ”) e divida pelas respectivas áreas de cada compartimento.

A seguir a tabela 1 apresenta os resultados da declividade média de cada compartimento:

Tabela 1 Declividade média da micro-bacia por compartimentos	
Mini-bacia	Resultado declividade média (%)
1	14, 3072
2	12, 3827
3	15, 8773
4	13, 8911
5	14, 3116

4.4.2 ANÁLISE DA DENSIDADE DE DRENAGEM

A densidade de drenagem de cada compartimento foi encontrada a partir da carta² topográfica digitalizada na escala de 1:100000, onde, inicialmente foi procedida a mensuração, da rede de drenagem por compartimento (utilizando o software AUTOCAD 2007) e posteriormente dividida pela área. A seguir a tabela 2 apresenta os resultados por compartimento:

Tabela 2 Densidade de drenagem da micro-bacia por compartimentos	
Mini-bacia	Densidade de drenagem
1	0,0198
2	0,0195
3	0,0194
4	0,0203
5	0,0183

1 - Carta topográfica cerro corá, folha: SB. 24 - Z - B - III, escala 1:100.000, do programa pro-água semi-árido da secretaria de recursos hídricos do estado do Rio Grande do Norte, Brasil, 2003. [CD

4.4.3 CÁLCULO DO COEFICIENTE DE RUGOSIDADE

Uma vez encontrados os valores da declividade média e da densidade de drenagem, o passo seguinte foi a multiplicação dos mesmos para encontrar o coeficiente de rugosidade.

A tabela 3, adiante, apresenta os valores do coeficiente de rugosidade por mini-bacia

Tabela 3 Cálculo do coeficiente de rugosidade			
Cálculo do Coeficiente de Rugosidade			

Nº Mini-bacia	Declividade Média	Densidade de Drenagem	Coeficiente de Rugosidade (RN) = (Dm x Dd)
1	(Dm)= 14,3	(Dd)= 0,019	RN = 0,2717
2	(Dm)= 12,38	(Dd)= 0,019	RN = 0,23522
3	(Dm)= 15,87	(Dd)= 0,019	RN = 0,30153
4	(Dm)= 13,81	(Dd)= 0,020	RN = 0,2762
5	(Dm)= 14,31	(Dd)= 0,018	RN = 0,25758

4.4.4 MAPA DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO

Depois de calculados os valores do coeficiente de rugosidade foi procedida à subtração do intervalo maior (maior coeficiente de rugosidade subtraído do menor coeficiente de rugosidade) e dividido por 4 (quatro) para encontrar os intervalos específicos, para a composição da capacidade de uso do solo de cada mini-bacia.

A seguir a seqüência de calculo do para elaboração do mapa de capacidade de uso do solo exposto nas tabelas 4, 5 e 6:

Tabela 4 Análise da capacidade de uso do solo

Maior coeficiente de rugosidade (RN1)	30,15
Menor coeficiente de rugosidade (RN2)	23,52
RN1-RN2	6,63
(RN1-RN2)/4	1,66
Primeiro intervalo A	25,18
Segundo intervalo B	26,84
Terceiro Intervalo C	28,49
Quarto intervalo D	30,15

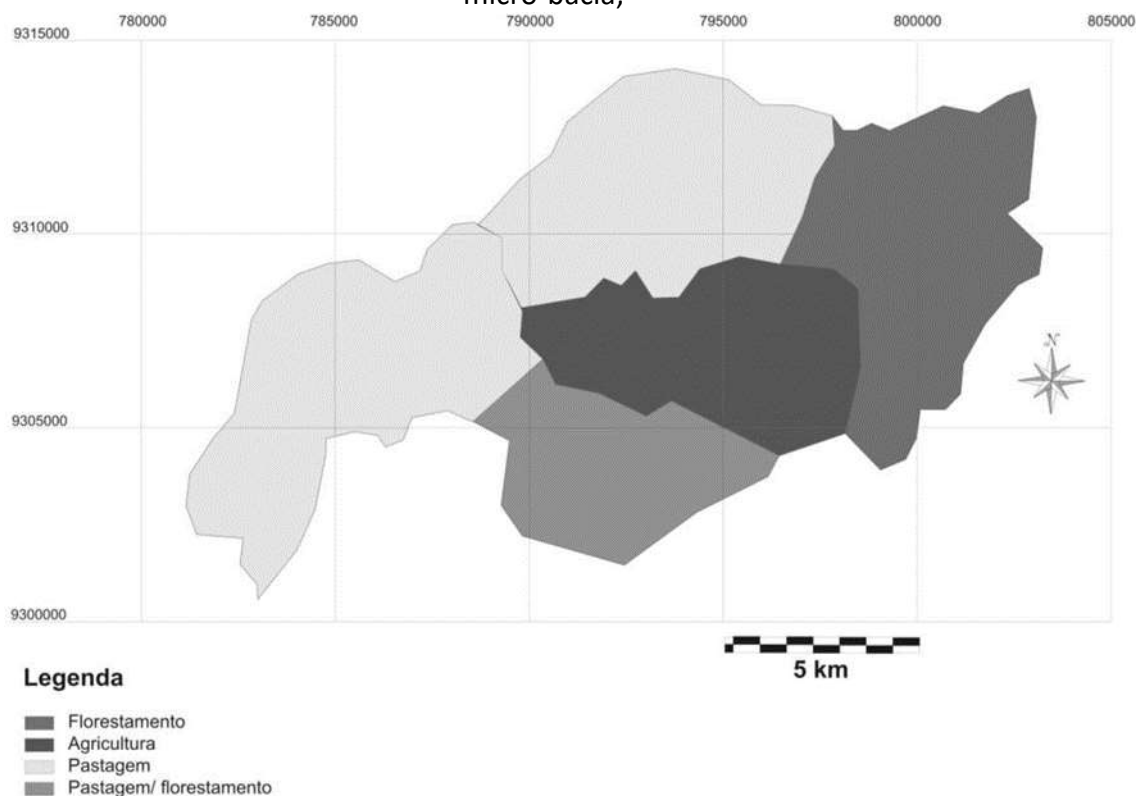
Tabela 5 Intervalos da capacidade de uso do solo

23,5-25,1	A (Agricultura)
25,2-26,8	B (Pastagem)
26,9-28,4	C (Pastagem/floresta)
28,5-30,1	D (Floresta)

Tabela 6 Análise da capacidade de uso do solo

Mini-Bacia 1	B (Pastagem)
Mini-Bacia 2	A (Agricultura)
Mini-Bacia 3	D (Floresta)
Mini-Bacia 4	C (Pastagem/floresta)
Mini-Bacia 5	B (Pastagem)

A fig. 3, a seguir, apresenta o mapa de capacidade de uso do solo por compartimento na micro-bacia;

**Fig. 3 Mapa de capacidade de uso do solo**

MANEJO DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICA AGRÍCOLA.

Com base na aptidão encontrada no mapa de capacidade de uso do solo, foi selecionada área dentro da mini-bacia 2, que possui aptidão para agricultura, para realizar a construção da barragem subterrânea. A construção da barragem subterrânea foi procedida nas coordenadas S 6° 15' 27 " e W

36° 20'13. Na zona rural do município de Currais Novos – Rio Grande do Norte – Brasil. Em pleno semi-árido da região Nordeste do País.

A seguir, a fig. 4, apresenta o registro da construção da barragem na mini-bacia 02:



Fig. 4 Etapa final da construção da barragem subterrânea

5 CONCLUSÕES

A problemática da região semi-árida brasileira carece de intervenções que possibilitem um convívio com um ambiente deteriorado. O uso da metodologia do diagnóstico físico conservacionista se mostrou eficaz na elaboração do mapa de capacidade de uso do solo direcionando a mini-bacia 2 como aptidão agrícola, sendo portanto, área propícia para a agricultura.

Uma vez determinada a aptidão da área, foi procedida a construção da barragem subterrânea com o fim de gerar infra-estrutura hídrica para o cultivo agrícola. A utilização do mapa de capacidade de uso do solo oriundo do diagnóstico físico-conservacionista se mostrou eficaz, haja vista, a construção da barragem subterrânea, caso fosse feita em área onde não se tem a aptidão necessária ao cultivo, geraria, em futuro próximo, prováveis problemas de deterioração. Portanto, o mapa de capacidade de uso do solo se portou como importante ferramenta para o planejamento rural de forma a conferir ao

meio sustentabilidade, indo de encontro a prováveis deteriorações ambientais e servindo ao agricultor local como importante mecanismo para aplicação orientada de técnicas de acumulo de água (como a barragem subterrânea), proporcionando um melhor convívio com o ambiente semi-árido. Em relação a futuras aplicações da metodologia, entende-se que o planejamento da introdução da barragem subterrânea aliado ao direcionamento com base no mapa da capacidade de uso do solo, poderão juntos, compor uma importante etapa no planejamento rural de regiões semi-áridas, com vias a mitigar a deterioração e proporcionar um meio de acumulo do recurso hídrico, em outros contextos semelhantes, tanto no país, como em outras regiões ao redor do mundo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARACUHY, J. G. de V. et. al. (2007) Técnicas agrícolas para contenção de solo e água, Impresos Adisson, Campina Grande.

BERTONI, J. e LOBARDI NETO, F. (1999) Conservação do solo, Ícone, São Paulo.

CANTER, L. W. (1998) Manual de evaluación de impacto ambiental: Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto, McGraw-Hill, Madrid.

CIRILO, J. A. et al. (2007) Caracterização do semi-árido, in CIRILO, J. A. et al. (Org.) O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas, ABRH – Editora Universitária UFPE, Recife.

CIRILO, J. A. (2008) Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. Estudos avançados, (22), 61-82, URL [On line] : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005&lng=en&nrm=isso. Acesso em: 28 de Abril de 2010.

GIASSON, E. et al. (2005) Planejamento integrado de uso do solo atual: uma disciplina integradora no ensino da agronomia na UFRGS, Rev. Bras. Ciênc. Solo, (29) 995-1003.

ONDER, H. e YILMAZ, M. (2005) Undergraund dans: A toof of suistainable development and management of grandwater resoucers, European Water, (11), 25-35.

ROCHA, J. S. M. da. (1997) Manual de projetos ambientais, Imprensa Universitária, Santa Maria.

ROCHA, J. S. M. e KURTZ, S. M. J. M. (2007) Manual de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas, Edições UFSM CCR/UFSM, Santa Maria.

Capítulo 2



10.37423/220305567

DESENVOLVIMENTO DE TINTA EPÓXI BASE ÁGUA COM ALTA RESISTÊNCIA E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA

Letícia Alves da Costa Laqua

Universidade Federal de Santa Catarina

Rafael Dias

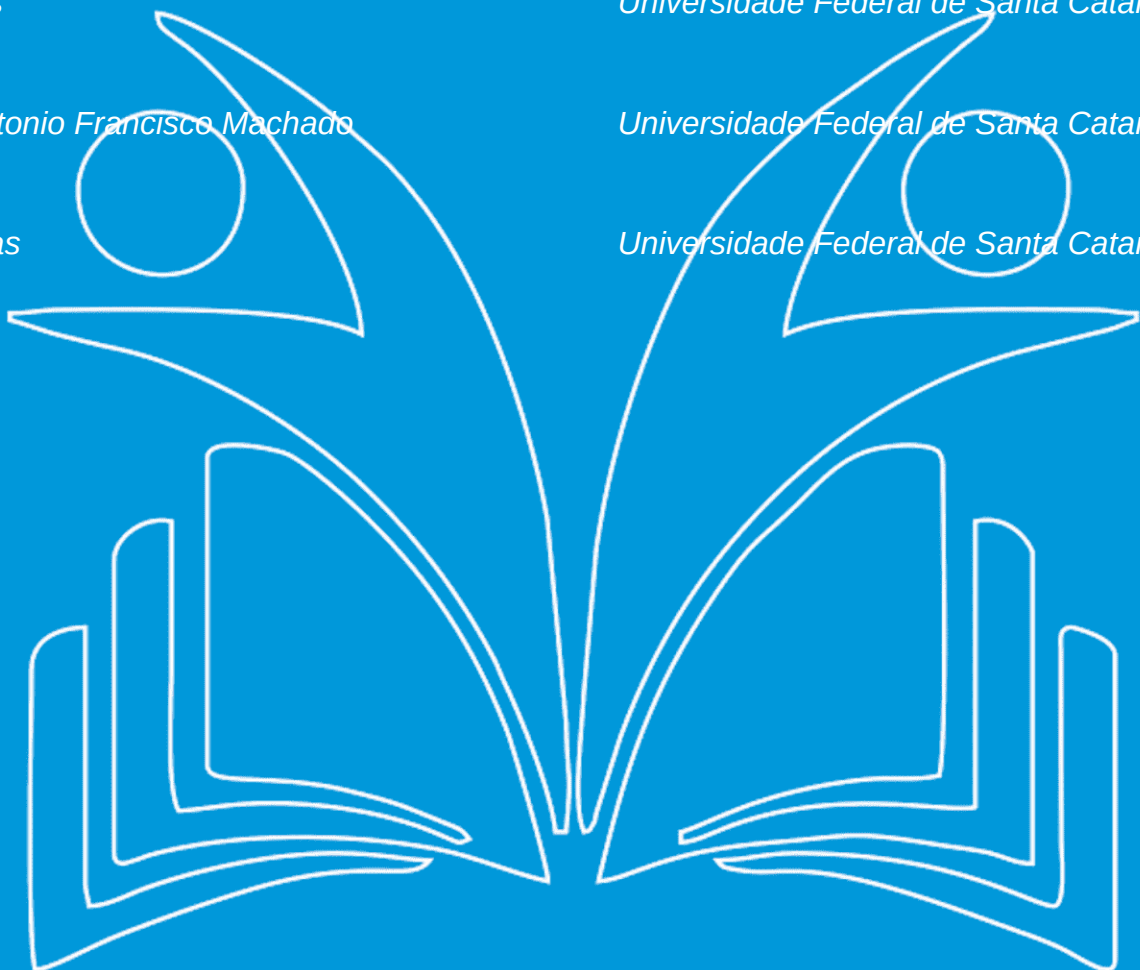
Universidade Federal de Santa Catarina

Ricardo Antonio Francisco Machado

Universidade Federal de Santa Catarina

Filipe Freitas

Universidade Federal de Santa Catarina



Resumo: Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento uma tinta de alta resistência a abrasão úmida e atividade antibacteriana, sendo indicada para locais onde não se deseja a proliferação de microrganismos e exija limpeza frequente. Os testes realizados para garantir que as formulações atendessem aos requisitos desejados na concepção do projeto, foram obtidos segundo normas específicas para essas duas propriedades e que serviram como critério para a aprovação das fórmulas. A análise de abrasão úmida, a qual mede a resistência do filme da tinta após a sua completa secagem, medindo a quantidade de vezes que uma tinta resiste ser lavada, que é expressa em ciclos de lavabilidade; seguindo a norma NBR 14940:2010 do programa da ABRAFATI e o teste de ação antibacteriana, realizado com base na norma japonesa JIS Z 2801, que foi desenvolvida para testar a ação antibacteriana de materiais sólidos incorporados, como agentes antimicrobianos, para inibir o crescimento de microrganismos ou eliminá-los, ao longo de um período de 24 horas de contato. O sistema epóxi base água desenvolvido se mostrou bem eficiente no teste de abrasão, suportando 1000 ciclos de lavabilidade e na ação de inibição de crescimento de bactérias resultando com uma redução de 99,98%.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das causas mais prováveis da proliferação de doenças é a contaminação por bactérias ou contaminação biológica, que é o processo de introdução e adaptação de espécies que não fazem parte naturalmente de um dado ecossistema, mas que se naturalizam e passam a provocar mudanças em seu funcionamento. A introdução pode ser realizada intencional ou acidentalmente, por vias humanas ou não. Ao contrário de muitos problemas ambientais que se amenizam com o tempo, como por exemplo, a poluição química, a contaminação biológica tende a se multiplicar e espalhar, causando problemas de longo prazo que se agravam com o passar do tempo e não permitem que os ecossistemas afetados se recuperem naturalmente (Westbrooks, 1998).

As bactérias são seres muito pequenos que, em sua maior parte, não podem ser vistos a olho nu. Apesar de seu tamanho, elas se multiplicam em grande velocidade. A maior parte das bactérias se encontra associadas a um biofilme, complexo ecossistema microbiano, bem estruturado, sendo assim é essencial buscar alternativas que proporcionem a redução de biofilme nas superfícies, um exemplo deste material é a nanopartícula de prata, matéria prima básica utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

Motivados pelo aumento da reatividade em nanoescala e baseados no conhecimento da prata como agente bactericida (Baker et al., 2005; Morrones et al., 2005; Gibbs, 2009) inúmeros pesquisadores desenvolvem nanopartículas de prata para aplicações bactericidas (Rhim et al., 2006; Yuan et al., 2007). Coloides de prata apresentam ação contra uma gama enorme de microorganismos (Duran et al., 2007), como *E. coli*, *S. aureus*, *E. fucium*, *Tuberculosis*, *S.pneumoniae* e *V.cholera*. Adicionalmente, os microorganismos não apresentam aparentemente resistência às nanopartículas de prata, mesmo através de mutações, método pelo qual ocorre a resistência contra a maioria dos antibióticos. Desta forma o uso das nanopartículas de prata se faz uma promissora alternativa para a manufatura de materiais com ação bactericida.

Além das nanopartículas de prata, TiO_2 , ZnO , fulereno, nanotubos de carbono, quitosana, entre outros também podem ser utilizados para impedir o crescimento bacteriano. Segundo Li et al. (2009) o TiO_2 , ZnO e fulereno, reagem com as células através de mecanismos de produção fotocatalítica de espécies reativas de oxigênio, a quitosana (Rabea et al., 2003), nanotubos de carbono, ZnO e nanopartículas de prata causam danos a membrana celular bacteriana e ao transporte de elétrons e a quitosana e nanopartículas de prata inibem a síntese de DNA bacteriano (De Muynck et al., 2009; Allaker, 2010), impedindo deste modo, o crescimento celular. Estudos também mostram que nanopartículas de prata

não são prejudiciais ao ser humano, podendo ser utilizadas normalmente para diversas finalidades, dentre elas embalagens alimentícias, embalagens plásticas, tintas dentre outras (Oliveira et al., 2004; Neto, 2010).

Em relação às tintas com ação antibacteriana, nos últimos tempos têm-se dado mais atenção à presença e crescimento de bactérias em superfícies internas pintadas, o que tem levado as grandes marcas de tintas a desenvolverem produtos para este fim. Embora o crescimento de bactérias sempre tenha sido uma preocupação em hospitais e instalações de processamento de alimentos, aumenta hoje o interesse em superfícies internas pintadas em geral.

Conhecidas como tintas higiênicas ou hospitalares são destinadas a ambientes que necessitam de uma maior higienização e cuidado com a proliferação de micro-organismos, como hospitais, clínicas, quartos de hotel, restaurante, indústria de alimentos, quartos de crianças, ambientes de grande circulação, etc. Pode ser encontrada nas versões acrílica e epóxi base água e basicamente possuem baixa toxicidade e odor, facilidade e rapidez na aplicação, amplo espectro ativo contra micro-organismos, resistência superior às constantes limpezas, abrasão e fluxo de pessoas.

Revestimentos higiênicos é um conceito relativamente novo, não havendo assim, muitos protocolos de teste padronizados para definir sua eficácia. O padrão mais utilizado é a norma japonesa JIS Z 2801. Trata-se de um teste quantitativo que requer uma redução mínima de 2 ciclos log da bactéria viável na amostra de superfície para teste em 24 horas. Para testar a resistência do produto ao ataque por fungos no estado seco (filme seco) utiliza-se o teste de desafio com fungos em câmara tropical descrito pela norma ASTM 3273-82 ou de placa de ágar (ASTM D 5590).

Algumas características importantes das tintas destinadas à criação de superfícies higiênicas são:

- Baixo odor – Não expõe o pintor e as pessoas que circulam ou permanecem no local a vapores de solventes;
- Secagem rápida – Libera a área para uso em menor tempo, além de diminuir o período de interdição para a realização da manutenção;
- Alta resistência – Resiste a produtos de assepsia;
- Menor agressão ao meio ambiente – Por se tratar de tinta à base de água;
- Maior segurança ao profissional da pintura – Não expõe o pintor aos vapores de solventes e não contém metais pesados em sua composição;
- Maior segurança aos usuários do estabelecimento – Contém aditivos microbicidas que impedem o desenvolvimento de bactérias, fungos e algas na superfície aplicada.

Neste contexto, obter uma superfície ou um filme que possa inibir o crescimento ou a proliferação de microrganismos é algo muito desejado, porém requer um pouco mais de resistência e boa interação com as nanopartículas, pois, sabe-se que a aderência microbiana a superfícies seguida de crescimento celular resulta na colonização e formação de uma matriz de biofilme capaz de proteger os microrganismos. Para se obter este filme, com elevada resistência, o sistema de pintura mais indicado é o sistema epóxi. As resinas epóxi são caracterizadas pela alta resistência química e física, resultando em um polímero termofixo que endurece quando há a mistura com um agente catalisador ou endurecedor. As resinas epóxi mais frequentemente utilizadas no mercado de tintas imobiliárias são produtos de uma reação entre epícloridrina e bisfenol-a. Existem ainda as resinas a base de bisfenol F e resinas epóxi novolac.

As formulações com os sistemas epóxi requerem um conhecimento da estequiometria e do balanceamento da mistura entre os seus distintos componentes. Para a obtenção de bons resultados estes sistemas são formulados respeitando as proporções de resina e endurecedor que surgem dos cálculos estequiométricos. Portanto, para se atingir excelente resistência, a tinta epóxi deve ter a sua relação resina e endurecedor bem balanceada. Para o cálculo da correta relação, deve-se ter o valor do peso equivalente epóxi que é a quantidade de resina epóxi (expressada em gramas) que contenha o grupo epoxietano. E o peso equivalente hidrogênio ativo ou equivalente hidrogênio, que é quantidade de agente de cura (expressada em gramas) que contém um átomo de reativo frente ao epoxietano.

Empenhada em ajudar e solucionar alguns dos problemas sociais existentes, a indústria de tintas deve buscar cada vez mais aperfeiçoar sua linha de produtos, agregando soluções inovadoras e melhorando o dia a dia e o bem-estar da população. Tendo conhecimento do grande potencial que as nanopartículas de prata possuem, uma vez que tem excelente atividade antimicrobiana contra bactérias, fungos, protozoários e alguns tipos de vírus, aliada às características de alta resistência das resinas epóxi, buscou através do desenvolvimento deste trabalho, a elaboração de uma tinta que possua alto desempenho na inibição de proliferação de microrganismos e excelente resistência à abrasão úmida. Sendo estes parâmetros avaliados e constatados através de testes normativos, seguindo legislações regulamentadas.

2.MATERIAL E MÉTODOS

2.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O desenvolvimento da fórmula da tinta foi realizado através da utilização de uma resina epóxi base água com um teor de sólidos de 55% com o equivalente epóxi de 535 EEW g/eq, e o endurecedor utilizado foi a base de poliamina em água e 2-propoxietanol, com o equivalente H⁺ ativo de 270 EHAg/eq. O cálculo do equivalente epóxi resultou em 50,0 g, neste caso, pôde-se trabalhar numa proporção de 100g de resina para 50g de endurecedor, resultando em uma catálise de 2 para 1.

Esta catálise proporcionou uma excelente resistência à abrasão úmida que foi verificada conforme a norma NBR 14940:2010. Para a ação da inibição antimicrobiana foram selecionados 2 tipos de aditivos, a base de nanopartícula de prata e blenda de nanopartícula de prata e zinco, de empresas diferentes, alternando em porcentagens e proporções que variaram de 2% a 4%. Todas as amostras foram submetidas ao teste conforme a norma japonesa JIS Z 2801.

2.2. CÁLCULO DO EQUIVALENTE EPÓXI

O cálculo do equivalente epóxi se faz necessário para se obter a melhor relação de resina/endurecedor que um sistema epóxi possa ter. Através deste cálculo, pode-se indicar qual a melhor catálise e garantir que o produto depois de catalisado possa manter todas as suas características íntegras e bem definidas. O cálculo é realizado seguindo a equação 1:

$$Eq. Epóxi = EHA \times \frac{100}{EEW} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

EHA = equivalente-grama de hidrogênio na amina;

EEW = peso equivalente em epóxi.

2.3. ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À ABRASÃO ÚMIDA

Com o objetivo de avaliar a resistência do filme da tinta as amostras formuladas foram submetidas ao teste de resistência a abrasão. Esta análise consiste em fazer uma extensão com um extensor de barra de 175 µm em uma cartela de PVC, deixar secar por 7 dias em ambiente com troca de ar a temperatura

de (25° C +/- 2) e umidade de (60% +/- 5). Após este período de secagem, que é referente ao tempo de cura do filme, coloca-se a cartela no equipamento que realiza o teste de lavabilidade, modelo BYK-Gardner PAG-8100, devidamente preparada com um ressalto embaixo da cartela.

Para a realização do teste, inicialmente pesa-se separadamente 10 g de pasta abrasiva (a base de quartzo e aditivos tensoativos) em cima da escova de náilon modelo AG 8112 BYK Gardner, posiciona-se a escova no meio da bandeja e conectam-se os cabos guia. Em seguida, umedece-se a cartela com 5 ml de água destilada, zera-se o marcador e aciona-se o equipamento. O ensaio deve ser finalizado quando se obtiver um desgaste na forma de uma linha contínua ao sentido da escovação (na largura do ressalto) na película sobre o ressalto. A cada período de 400 ciclos, repete-se a pesagem de mais 10 g de pasta abrasiva e 5 ml de água, assegurando-se de que a escova e o suporte estejam na mesma posição na parada da máquina.

2.3. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As amostras foram analisadas conforme a norma JIS Z 2801, que consiste na contagem das unidades formadoras de colônias que aparecem no corpo de prova onde foi cultivado o microrganismo. Os corpos de prova são de 5x5 cm, inoculados com 0,4 ml da suspensão microbiana na superfície do corpo de prova, cobrindo delicadamente com uma placa de vidro de 4x4 cm. Os corpos de prova devem ser incubados por 24 horas, e após este período deve-se adicionar uma solução tampão de fosfato e efetuar a sonicação por 20 minutos e fazer a contagem das colônias. As espécies de bactérias a ser utilizadas para o teste devem ser *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Os corpos de prova utilizados para se fazer o teste foram os mesmo que sofreram o teste de abrasão úmida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ANÁLISE DE ABRASÃO

A fórmula desenvolvida foi conferida com outras duas amostras de epóxi base água comercialmente disponível no mercado e com a mesma finalidade. Estas amostras foram submetidas também ao teste de abrasão úmida, servindo como um comparativo e também para avaliar a eficiência da resistência. A Tabela 1 mostra os resultados obtidos.

Tabela 1 – Resultados de resistência a abrasão.

Amostras	Ciclos de Lavabilidade
Tinta epóxi de mercado Referência 1	556
Tinta epóxi de mercado Referência 2	776
Tinta epóxi Desenvolvida	1000

Conforme pode ser observado na Tabela 1, obteve-se 1000 ciclos de lavabilidade na formulação da tinta de epóxi desenvolvida e comparando este valor com os resultados das outras amostras (Referência 1 e 2). Pode-se dizer que a mesma superou as expectativas da fórmula, apontando que o balanço feito entre a resina e endurecedor está de acordo com o valor obtido pelo cálculo do equivalente epóxi.

3.2. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises foram feitas com dois tipos de microrganismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, previstos na norma, e foi avaliado o crescimento das colônias partindo de uma concentração de $2,3 \times 10^5$ de *Staphylococcus aureus* e $2,7 \times 10^5$ *Escherichia coli*. As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados obtidos. Vale acrescentar que esta análise foi realizada após a realização dos 1000 ciclos de lavagem.

Tabela 2 – Resultados da análise microbiológica para *S.aureus*.

Amostras	Número de bactérias no tempo zero <i>S. aureus</i> ATCC6538	Número de bactérias no tempo zero <i>S. aureus</i> ATCC6538	Redução Logarítmica	% de Redução
Epóxi base água com nanopartículas de Prata	$2,6 \times 10^5$	$1,88 \times 10^3$	2,08	99,18
Epóxi base água com Zinco	$2,6 \times 10^5$	$2,2 \times 10$	4,07	99,99
Epóxi base água com blenda Prata + Zinco	$2,6 \times 10^5$	$1,4 \times 10$	4,26	99,99
Branco	$2,6 \times 10^5$	$3,1 \times 10^5$	Não houve redução	

Tabela 3 – Resultados da análise microbiológica para E.coli.

Amostras	Número de bactérias no tempo zero <i>E.coli</i> ATCC8739	Número de bactérias no tempo zero <i>E.coli</i> ATCC8739	Redução Logarítmica	% de Redução
Epóxi base água com nanopartículas de Prata	$2,7 \times 10^5$	$9,69 \times 10^2$	2,37	99,57
Epóxi base água com Zinco	$2,7 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	2,05	99,11
Epóxi base água com blenda Prata + Zinco	$2,7 \times 10^5$	$6,9 \times 10$	3,59	99,97
Branco	$2, \times 10^5$	$3,6 \times 10^5$	Não houve redução	

Conforme pode ser verificado nas Tabelas 2 e 3, a utilização dos aditivos a base de nano metais é uma excelente opção para a formulação de produtos para inibir a ação de microrganismos. Entretanto, pode-se notar que o aditivo a base de prata se mostrou eficiente contra *Escherichia coli*, levando a uma redução de 99,57% e o aditivo a base de zinco se mostrou mais eficiente contra *Staphylococcus aureus* com uma redução de 99,99%. Levando em consideração a ação de cada aditivo, percebe-se que é necessária a atuação de uma blenda destes dois metais. Como pôde ser observado nas Tabelas 2 e 3, quando atuam em conjunto a eficiência na redução das bactérias se mostrou melhor, resultando em cerca de 99,98% de redução.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que o sistema epóxi base água formulado neste trabalho, se mostrou bem eficiente no teste de abrasão, suportando 1000 ciclos de lavabilidade. Este resultado foi bastante significativo, pois este produto poderá ser indicado para locais onde é necessário ser lavado diariamente tais como indústria alimentícia, centros cirúrgicos câmaras frigoríficas dentre vários outros locais. Na ação de inibição de crescimento de microrganismos, conclui-se que, tanto o aditivo a base de prata quanto o a base de zinco, tem suas deficiências, ou seja, em alguns tipos de microrganismos um é mais eficiente que o outro, porém, quando foi utilizada uma

blenda destes dois aditivos, verificou-se que houve uma interação entre os dois, acarretando um produto expressivamente bom, resultando com uma redução de 99,98%.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa ANJO QUÍMICA DO BRASIL LTDA. pelo fornecimento das matérias primas necessárias para o desenvolvimento deste projeto e apoio financeiro e ao Laboratório de Controle de Processos e Polimerização LCP/UFSC pela estrutura disponibilizada para a realização dos experimentos necessários na elaboração deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ALLAKER, R.P. The use of nanoparticles to control oral biofilm formation. *J Dent Res.*, v89, p.1175, 2010.
- BAKER, C; PRADHAN, A.; PAKSTIS, L.; POCHAN, D.J.; SHAH, S.I. Synthesis and antibacterial properties of silver nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, v.5, n.2, p. 244-249, 2005.
- DURAN, N.; MARCATO, P. D.; DE SOUZA, G. I. H.; ALVES, O. L.; ESPOSITO, E.
- Antibacterial effect of silver nanoparticles produced by fungal process of textile fabrics and their effluent treatment. *Journal of biomedical nanotechnology*, v. 3, n.2, p. 203-208, 2007.
- FAZENDA, J, M, R.; Tintas e vernizes – Ciência e Tecnologia. 3ª ed., 2005.
- GIBBS, R. J.. Silver colloids, do they work? Disponível em <www.silver-colloids.com>. Acesso em: 12/05/2009.
- JIS Z 2801: 2000. Antimicrobial products – Test for antimicrobial activity and efficacy. Japanese Standards Association, Tokyo, Japan, 2000.
- LI, Q.; MAHENDRA, S.; LYON, D.Y.; BRUNET, L.; LIGA, M.V.; LI, D.; ALVAREZ, P. J. J.
- Antimicrobial nanomaterial for water disinfection and microbial control: potencial application and implication. *Water Research*, v.42, p. 4591 – 4602, 2008.
- MORONES, J. R.; ELECHIGUERRA, J. L.; CAMACHO, A.; HOLT, K.; KOURI, J. B.;
- RAMIREZ, J. T.; YACAMAN, M. J. The bactericidal effect of silver nanoparticles, *Nanotechnology*, v.16, n.10, p. 2346-2353, 2005.
- NBR14940: 2010 Tintas para construção civil - Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais - Determinação da resistência à abrasão úmida.
- NETO, E. A. B. Desenvolvimento de nanocompósitos contendo nanopartículas de prata para aplicações bactericidas. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 2010.
- OLIVEIRA, L. M; OLIVEIRA, P. A. P. L. V. Revisão: Principais Agentes Antimicrobianos Utilizados em Embalagens Plásticas. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.7, n.2, p.161-165, jul./dez., 2004.
- RABEA, E. I; BADAWY, M. E. T.; STEVENS, C. V; SMAGGHE, G; STEURBAUT, W.
- Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules*. V. 4, n. 6. p. 1457-1465. 2003.
- RHIM, J. W.; HONG, S. I.; PARK, H. M.; NG, P. K. W. Preparation and characterization of chitosan-based nanocomposite films with antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.54, n. 16, p. 5814-5822, 2006.

YUAN, W.; JI, J., FU, J. A facile method to construct hybrid multilayered films as a strong and multifunctional antibacterial coating. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, v. 85B, n. 2, p. 556-563, 2007.

Capítulo 3



10.37423/220305593

OBSERVAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE DESCARTE DE CANETAS PILOT EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Jacqueline Silva de Jesus

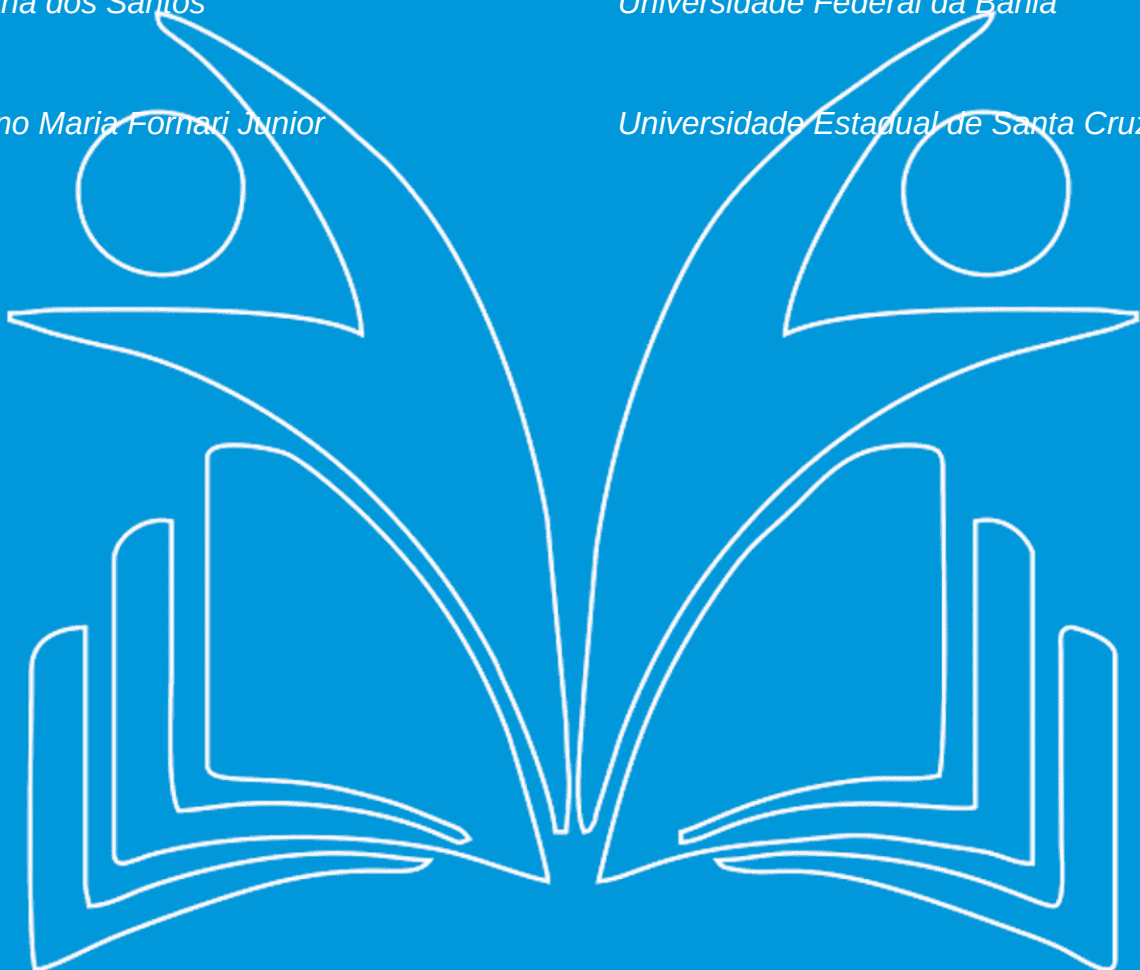
*Universidade Federal de Uberlândia, Minas
Gerais*

Aline Santana dos Santos

Universidade Federal da Bahia

Celso Carlino Maria Fornari Junior

Universidade Estadual de Santa Cruz



Resumo: O trabalho estudou o processo de logística reversa de canetas pilot descartadas em uma universidade de ensino superior. Foi organizado quantitativamente o material descartado e avaliado do ponto de vista da qualidade do uso e reciclagem ou destinação final. O processo de reciclagem desse material apresenta inúmeros pontos a serem superados. A decomposição em uma possível futura compostagem é inviabilizado pelos diferentes materiais que constituem o composto ou a caneta pilot, incluindo, feltro, termoplástico e tinta. O período avaliado entre 2012 e 2016, registrou um total de 64.465 canetas pilot, o que corresponde em média um consumo de 12.893/ano. Levando em consideração que a média de professores na instituição corresponde a aproximadamente 700, os valores indicam 18,4 canetas por professor por ano. Com relação a quantidade de resíduos gerados e considerando uma média de 90 g por unidade de caneta, os valores indicam um total de aproximadamente 1160 kg. Este montante foi descartado diretamente em aterros sanitários na região do entorno da instituição e de responsabilidade dos respectivos gestores municipais. A exibição deste quadro sugere uma ação concreta por parte da instituição, de maneira a estabelecer metodologia para a devida adequação do material após o seu consumo.

Palavras Chave: Logística reversa, Reciclagem, Caneta Pilot

INTRODUÇÃO

Com relação ao comportamento de descarte da material pós-consumo no Brasil, poucos municípios atendem a uma normatização específica, o que resulta em descarte aleatório e inadequado do modo como se realizava em séculos passados (ARAUJO, PIMENTEL, 2015), (ANDRADE, FERREIRA, 2011). Entretanto, o processo de descarte de resíduos sólidos em geral, sofreu um agravamento devido a quantidade ter aumentado e ao mesmo tempo a diversidade de materiais produzidos pelas atividades diversas. Desta forma, muitos materiais descartados sofreram a necessidade de serem adaptados a uma logística reversa positiva, no sentido de melhor organizar a atuação de consumo e descarte, a exemplos como, pneus, baterias, eletrônicos, entre outros (ANDRADE, FERREIRA, 2013), (CARVALHO et al, 2016), (LIZARELLI, MILANO, 2014). Com o passar do tempo, o descarte dos materiais pós-consumidos se tornaram uma problemática mais saliente para toda a sociedade. Neste cenário, as políticas de descarte e alocação de resíduos sólidos se apresentaram á sociedade, na expectativa de construir um sistema mais organizado e adequado tanto para a sociedade civil quanto para o meio ambiente. A politica brasileira de resíduos sólidos que nasceu dessa situação apoia-se na transformação dos resíduos em material economicamente valorizado, seja na forma de renda, de matéria-prima ou energia. Esse paradigma está baseado na valorização e proteção da sustentabilidade, de forma que a maior economia dos recursos naturais seja alvejada ao mesmo tempo em que o tratamento e a transformação dos resíduos sejam alcançados antes de serem descartados ao meio ambiente (ROSA, 2009). O descarte de eletroeletrônicos normalmente ocorre com certa frequência e com significativo e elevado custo. Aas etapas de gerenciamento dos resíduos são consideradas formas independentes, apesar de serem interligadas ao sistema como um todo. A legislação apresenta baixa responsabilidade com relação ao fabricante ou produtor desses eletroeletrônicos, por exemplo, facilitando assim o descarte inadequado ou incorreto ao final da sua vida útil. Da mesma forma, muitos consumidores desconhecem as leis e resoluções que orientam a correta destinação final e também desconhecem o risco de contaminação por produtos danosos. (LEIS, 2011), (SELPIS et al. 2012). No âmbito da lei de gestão integrada de resíduos sólidos, número 12.305/2010 e artigo 3º, foi incluída a metodologia de logística reversa no desenvolvimento econômico e social, caracterizado pelo conjunto de ações e demais procedimentos e objetivando a coleta e o resgate dos resíduos sólidos ao setor empresarial de forma a oferecer a oportunidade de inclusão destes materiais no ciclo produtivo.

Um modelo atual na Gestão de Resíduos Sólidos é a administração de resíduos de forma integrada, que buscam substituir as intervenções técnicas de engenharia que tem por objetivo resolver a questão dos resíduos com aterros sanitários como solução principal. Essa técnica acarreta em alguns prejuízos para o meio ambiente, sobretudo pelo fato de necessitar uma técnica capaz de impermeabilizar o solo e a sua posterior cobertura. Além disso, os aterros sanitários demandam o esforço para transportar o material até o destino determinado e necessitam de uma área considerável em tamanho e posição estratégica para o seu devido propósito (MARSHALL, FARAHBAKHS, 2013), (PORTELLA, RIBEIRO, 2014).

O estudo foi realizado com o propósito de apresentar um diagnóstico preliminar de pinceis atômicos ou canetas tipo pilot utilizadas por professores em uma instituição de ensino superior para fins de ensino. O estudo envolveu o comportamento dos profissionais da área, como professores, funcionários e diretores, as condições políticas da instituição de ensino e as condições materiais para a implantação de um projeto de logística reversa deste tipo de material descartado. Os itens citados são fundamentais para boa organização do processo de reciclagem que é administrado pela política de logística reversa das canetas pilot na instituição de ensino superior.

REFERENCIAL

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) conhecida como Lei Nº 12.305/2010 artigo 3º define resíduo sólido como sendo um material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. A política nacional de resíduos sólidos (PNRS), segundo (MONTEIRO et al, 2013) foi importante e estratégica no contexto histórico da gestão ambiental no Brasil, assim como conseguiu agregar e orientar vários conceitos como: a geração dos resíduos pós-consumo, a destinação adequada, o tratamento e cuidado dos resíduos em relação ao meio ambiente, a mitigação dos recursos disponíveis bem como a redução das matérias-primas utilizadas pelo setor industrial, ações ambientais que esclareçam e eduquem a população na direção da reciclagem, o descarte adequado entre outros. A figura 1 apresenta um resumo simbólico de atitudes a serem observadas na gestão e adequação de resíduos sólidos até a transformação final.



Figura 1 - Resumo de atitudes a serem observadas na gestão e adequação de resíduos sólidos

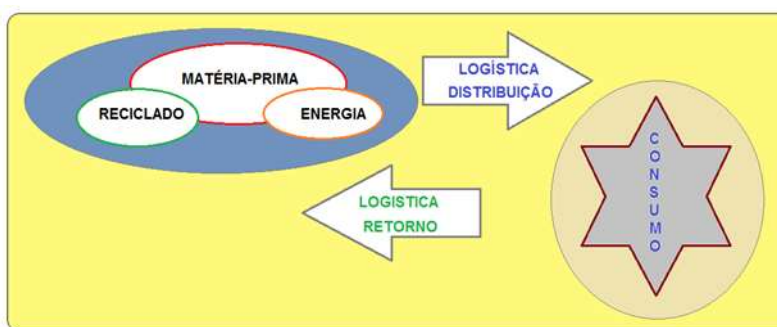
Do ponto de vista técnico, MAZETO e ABREU (2014) entendem que a lei Nº 12.305/2010 possui aspectos importantes e que devem ser realçados. A transferência de responsabilidade ou a delegação da responsabilidade dos rejeitos gerados, incluindo isso como forma compartilhada na logística reversa de resíduos sólidos é um ponto importante da lei. Além disso, a condição de proporcionar a inclusão dos catadores de produtos recicláveis no sistema de coleta seletiva e logística reversa é outro ponto importante que a lei cuidou em abranger e por fim viabilizar a confecção de um plano de gestão de resíduo, a partir de materiais dentro do ambiente municipal, estadual, regional e nacional.

LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa é uma metodologia de gestão capaz de gerenciar o movimento empresarial de produção, consumo e retorno, voltado para todo o ciclo da produção. Essa forma de organização pode estar voltada aos cuidados ambientais, trazendo benefícios tanto para o meio ambiente quanto ao setor empresarial, focando as questões legais e econômicas (SHIBAO et al, 2010). A logística reversa é um setor empresarial voltado ao sistema organizacional que é responsável pelo retorno dos produtos e materiais a fonte produtiva. Para que os produtos circulem de forma concisa, são estabelecidos planejamentos, operações, sistemas de informação e controle de fluxo, dentro de tempos hábeis e pré-estabelecidos (LEITE, 2009). O principal objetivo da metodologia de logística reversa está no retorno de bens e materiais a serem reprocessados ou reciclados denominado e avaliados como canais de distribuição reversa. O gerenciamento reverso da logística envolve inúmeras operações e sistemas de planejamento, decisões, operações de armazenamento e deslocamento, controle e integração do fluxo, gerenciamento de estoque, produtos acabados e sistemas de

informação de todo o processo, desde o ponto de origem até o consumo. O sistema tem o foco em adequar o destino final dos produtos e materiais, de forma a mitigar o deslocamento e matéria-prima podendo trazer alguns benefícios com relação ao sistema como um todo incluindo o social e ambiental (CASTRO et al, 2012).

Comparando a logística reversa com o sistema tradicional, Fernandes (2012), estabelece a primeira como sendo uma recente esfera da logística empresarial que tem como atribuição principal a função de gerenciar, operacionalizar e administrar o retorno dos bens de pós-consumo e pós-venda ao ponto inicial do processo produtivo através de diferentes fluxos reversos. Essa metodologia consequentemente possibilita agregar valor ecológico, econômico e legal em todo o setor. Em linhas gerais, a logística é um sistema operacional que se preocupa com a chegada do produto ao destino final e a logística reversa se caracteriza como sendo uma metodologia para gerenciar fluxos reversos, preocupando-se com o processo após o seu destino final, conforme esquematizado na figura 2.



Adaptado de Lacerda, 2002

Figura 2: Processo de distribuição direta e reversa de forma esquematizada entre produção e consumo.

Existem no mínimo três aspectos relacionados a produtos e materiais e suas respectivas embalagens, que se antepõe a definição de logística reversa.

- Do ponto de vista logístico, o ciclo de vida se prolonga quando recebido pelo cliente. O cuidado especial em retorno do produto ao seu ponto de origem, quando ocorre um motivo para isso. Seja mau funcionamento, deterioração ou mesmo obsolescência, os materiais e produtos são adequados na possibilidade de reutilização ou descarte correto, com chances de retornar novamente ao ciclo.
- Do ponto de vista financeiro, o sistema de retorno demanda um custo adicional de recursos e tempo. Isso deve ser incluso no processo de logística, pois necessita de deslocamento adicional, aquisição de matéria-prima, armazenamento e produção.
- Do ponto de vista ambiental, é relevante considerar os possíveis impactos ambientais, sejam eles negativos como por exemplo, o descarte ou positivos como a reutilização ou reciclagem (GONÇALVES e MARTINS, 2006).

O estímulo para as operações de logística reversa é até certa forma abundante. Eles abrangem uma vasta área incluindo a sociedade, o ambiente, o setor produtivo e o governamental.

- - A sensibilidade ecológica fomentada por ações empresariais, tem oferecido a população em geral o cuidado e comprometimento com as futuras gerações. Com essas ações, a população está interagindo e participando para o equilíbrio ecológico, desde o consumo consciente até o descarte mais correto.
- - Legislação ambiental tem se tornado mais ajustada nos cuidados com os recursos naturais e o ciclo reverso de pós-consumo. A responsabilidade dos resíduos descartados passou do setor governamental para o setor produtivo. Evidentemente que a maior habilidade em termos de conhecimento técnico de determinado produto esta no setor que assim o produziu. Desta forma, o ajuste das leis foi direcionado para delegar ao respectivo produtor a reciclagem do seu respectivo produto.
- - O ciclo de vida dos produtos em geral tem diminuído devido a diminuição de custos para o consumidor bem como a obsolescência precoce dos bens. Esse quadro atual provoca um aumento de carga no processo logístico reverso, desde a disposição final dos materiais e bens descartados até a substituição de produtos com tecnologia mais avançada.
- - A imagem da empresa se destaca positivamente quando a logística reversa está envolvida em cuidados e respeito ao consumidor, o que pode ocorrer pela atenção pós-venda na troca de produtos, atendimento ou esclarecimentos que se fazem oportunamente necessários. Além disso, o cuidado com a reciclagem de embalagens, produtos descartados também promovem diretamente uma positiva imagem empresarial.
- - O uso de embalagens retornáveis e o reaproveitamento de materiais podem trazer consequências positivas e econômicas no processo de produção e distribuição dos produtos (PIZZOLATO et al, 2002). No contexto geral, o processo de logística reversa é um sistema de organização e distribuição da produção que abrange desde o planejamento do produto, passando pela realização e controle do fluxo de matéria-prima até o produto acabado. Isso envolve o cliente final e o ponto de origem, organizando o sistema e adequando ecologicamente a cadeia (GONÇALVES e MARTIN, 2006). Segundo decreto governamental, o conceito de logística reversa esclarece como sendo “um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos.” (Decreto Nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010).

O processo de logística reversa busca a ampliação das responsabilidades empresariais principalmente visando o meio ambiente, englobando não apenas os descartes, mas as economias envolvidas em transporte e reutilização. A logística reversa está envolvida não somente com a produção do produto, como a distribuição tradicional, mas se ocupa de todo o processo, de ida e retorno.

Com relação aos tipos de fluxos na logística reversa esclarecedor a visão do funcionamento do fluxo nas operações, pois este representa a facilidade com que uma informação, produto e material fazem

a sua atuação no ciclo. Assim (FERNANDES, 2012) apresenta os dois tipos de fluxos o Direto e o Reverso.

O denominado fluxo direto é aquele que o processo é realizado através do gerenciamento logístico, estes fluxos são caracterizados como percurso contínuo, onde, por exemplo, um determinado produto chega a algum consumidor ou local definido, ou seja, em resumo é o deslocamento do produtor para o consumidor.

O denominado fluxo reverso tem a mesma direção porém sentido contrário ao direto que se caracteriza pelo movimento contínuo de um determinado produto da parte do consumidor final para a origem (produtor) ou qualquer componente da cadeia produção/consumo.

Segundo (LEITE, 2009) a logística reversa possui duas áreas de atuação no processo global de produção, distribuição e consumo. Na logística de pós-venda e de pós-consumo, é válido ressaltar que embora estas sejam tratadas separadamente pela literatura, existem diferenças marcantes com relação ao estágio e em qual fase o produto retornado se encontra com relação a vida útil. A figura 3 apresenta resumidamente o campo de atuação da logística reversa por meio das principais etapas dos fluxos reversos, nas duas áreas de atuação citadas, observando-se sua interdependência.



Adaptado de Leite, 2009

Figura 3: Principais etapas dos fluxos reversos.

Informações técnicas – Canetas Pilot

Muitas instituições de ensino tem adotado o uso de quadros branco para o desenvolvimento das respectivas atividades. Entretanto, isso implica em utilizar marcadores apropriados, em substituição ao tradicional e denominado giz. O giz é uma substância resultante da hidratação do sulfato de cálcio ou gipsita. Apesar do relativo baixo custo, esse produto se fragmenta durante, por exemplo, a escrita em superfícies sólidas, o que pode trazer um desconforto aos usuários. Uma alternativa para ministrar

aulas, é a substituição do giz por marcadores a base de tinta. O conforto desse material está na não geração de fragmentos ou partículas e possuem cores marcantes. Entretanto, esses marcadores ou também conhecidos por canetas Pilot, são descartados com relativa rapidez, devido principalmente ao uso intenso, ao pequeno volume de tinta nele contida e por ser tinta a base de solvente volátil. Devido a maioria dos marcadores não possuírem tinta refil, provocam gastos desnecessários, transtornos aos profissionais e não menos importante produzindo um resíduo pouco reciclável (SANTOS et al 2013). Esses produtos se constituem em um composto pela associação de resinas termoplásticas, tinta à base de álcool, feltro, pigmentos, resinas, solventes e ponta de acrílico. As canetas marca Pilot são fabricados e comercializados em quatro cores diferentes: preto, azul, vermelho e verde (PILOT, 2016). Devido ao tipo de material que é utilizado na sua fabricação, o descarte inadequado pode trazer prejuízos sociais e ambientais. As resinas termoplásticas são materiais fabricados na sua grande maioria a partir de insumos de origem natural não renovável, como o petróleo, por exemplo. Essa condição faz com que os impactos causados pelos marcadores a base de tinta estejam alocados nas extremidades de sua cadeia produtiva, pois provoca a exaustão da matéria-prima, oriunda de fonte não renovável e grande aglomeração de resíduos pelo descarte inadequado, o qual é de difícil decomposição (ZANIN e MANCINI, 2004).

O tempo de decomposição desse tipo de material na natureza pode durar inúmeros anos entre 100 e 400, podendo variar conforme as condições ambientais e a composição química do material (MANRICH et al, 2012). Além dos danos e prejuízos que podem ser causados pelos materiais termoplásticos, as canetas piloto contêm líquidos inflamáveis na composição de suas tintas.

No seu estado integro os pincéis não provocam diretamente detrimento à saúde do consumidor, entretanto, quando a degradação ou deterioração ocorre a partir de queimadas descontroladas, por exemplo, pode se tornar um risco a saúde e ao meio ambiente, pois libera, segundo o fabricante gás monóxido de carbono, o dióxido de carbono e outros hidrocarbonetos considerados tóxicos (PILOT, 2016). Portanto, o processo de reciclagem tem uma função ainda mais relevante, tendo em vista, que está busca reduzir os impactos ambientais causados por produtos de pós-consumo fabricados a partir destes materiais termoplásticos (QUEIROZ et al, 2008).

METODOLOGIA

O trabalho tem um caráter quantitativo e está dividido em três etapas: fase exploratória; fase observacional e análise e tratamento dos dados. A fase exploratória desse desenvolvimento envolveu

a revisão bibliográfica em bases institucionais da unidade de ensino superior, principalmente na documentação acadêmica disponível no site da instituição sobre os aspectos referentes a instituição pública de ensino superior, como aspectos financeiro, social, cultural e ambiental e setores de almoxarifado e departamentos. A instituição oferece 33 cursos de graduação presencial e conta com um quadro de 783 professores e um número de 12543 alunos matriculados (Relatório Anual, 2015). Com isso, a escolha do campo de estudo levou em consideração a quantidade de caneta do tipo piloto utilizada na atividade de docente e, conseqüentemente os resíduos gerados por tal atividade. Na fase observacional, foram feitas investigações de campo nos setores responsáveis pela compra e distribuição das canetas piloto para os docentes, bem como nos locais de acondicionamento temporário pós-consumo. Para tratamento dos dados quantitativo utilizou-se o programa Excel com os dados de 2012 a 2016, a fim de diagnosticar aspectos do consumo de caneta piloto por parte do corpo docente da instituição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de investigar a existência na instituição de um sistema de logística reversa e, conhecer o fluxo logístico das canetas, foi realizado uma visita ao Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Instituição de Ensino Superior. Foi identificado que os professores precisam se dirigir ao seu departamento específico para adquirir a quantidade desejada de canetas, as quais necessitam para ministrar o ensino dos cursos. Após a utilização, os professores descartam as respectivas canetas em recipientes e coletores apropriados para a coleta separada de materiais. Isso ocorre juntamente com outros resíduos sólidos da instituição, conforme apresentado na figura 4. A figura 4 registra canetas dispostas em recipiente vermelho, próprio para material termoplástico e algumas canetas em recipiente verde, a qual se destina a coleta de utensílios de vidro. Apesar do modo como é realizado o descarte, a instituição não possui tratamento de resíduos, o que significa que os materiais são encaminhados por meio da coleta pública para o aterro sanitário. As canetas tipo Pilot são distribuídas por departamentos em função do número de professores e a solicitação é realizada através de pedido formal via sistema eletrônico ao almoxarifado, setor responsável por fazer o controle e compra da quantidade necessária de canetas pilotos que serão utilizados por ano.



Figura 4: Descarte das canetas tipo Pilot em recipiente específico para coleta seletiva

A figura 5 apresenta o fluxo logístico das canetas tipo Pilot de todo o processo, desde a fabricação até o descarte final. A logística reversa está sinalizada, entretanto após o consumo e descarte das canetas, os resíduos são encaminhados para a disposição final no aterro sanitário. Desta forma, a logística reversa não ocorre nesse processo, segundo a avaliação deste estudo, ficando em operação apenas a logística direta ou tradicional.

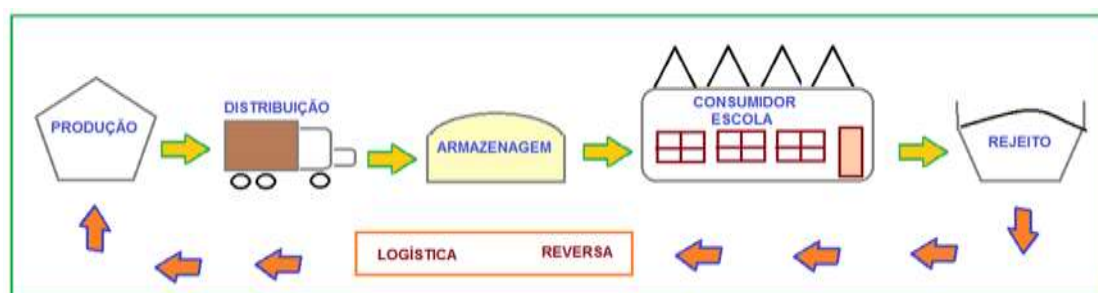


Figura 5: Fluxo logístico das canetas piloto.

A tabela 1 apresenta a quantidade de caneta piloto consumida por ano na instituição de ensino superior. Para cada período de 365 dias está registrado a quantidade de canetas por cor utilizada.

Tabela 1: Quantidade de canetas por cores tipo Pilot utilizadas por ano.

COR ANO	AZUL	VERDE	VERMELHO	PRETO	TOTAL
2012	10.325	1.971	4.401	13.644	30.341
2013	4.139	1.049	---	---	5.188
2014	8.311	1.057	2.730	2.730	14.828
2015	3.254	1.224	175	369	5.022
2016	3.130	170	1.893	3.893	9.086
TOTAL					64.465

Assim, considerando o total de 64.465 pilotos utilizados, em um período correspondente a cinco anos, observa-se uma média de 12.893 pilotos por ano. Vale ressaltar, que em 2013 não houve pedidos de pilotos nas cores preto e vermelho e portanto não houve a aquisição destas cores. Entretanto, ocorreu o consumo destas canetas preto e vermelho de modo regular. Isso se deu ao fato de que são realizados os pedidos de compra conforme a necessidade ou situação do estoque. Dessa forma é possível que os pilotos nas referidas cores mantiveram-se armazenados no estoque do departamento. A figura 6 demonstra a demanda total de cada cor de piloto ao longo de cinco anos, mostrando que o piloto na cor azul e o preto são os mais utilizados pelos professores entre as quatro cores disponíveis, tendo um consumo de 45,23% e 32,27% respectivamente.

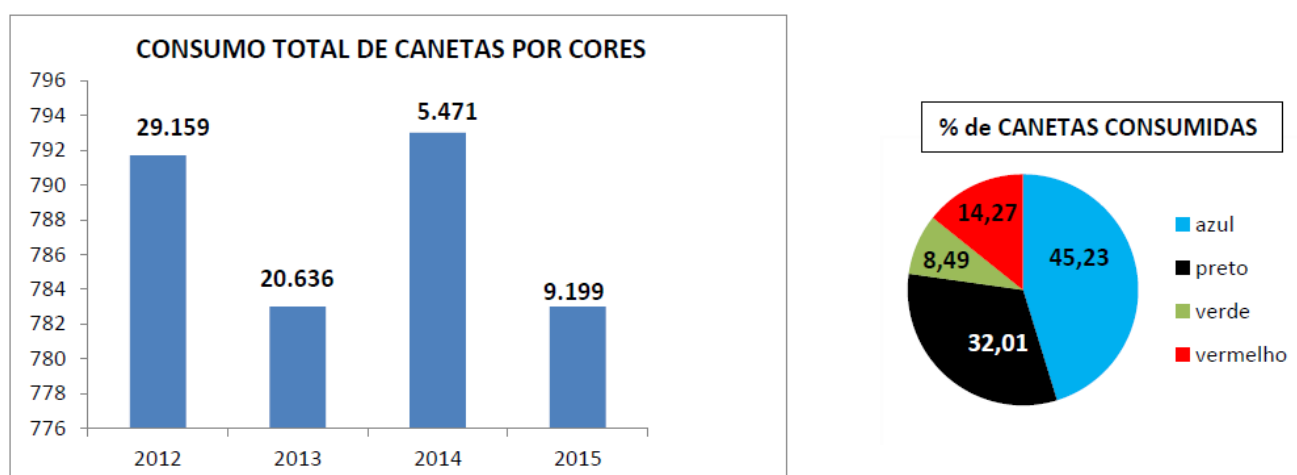


Figura 6: Consumo total de marcadores por cor e porcentagem (2012-2016)

O peso total de uma caneta tipo Pilot está em torno de 20 gramas (PILOT, 2016), ou seja, somando-se o total de cinco anos, a instituição em estudo acumulou o peso total de aproximadamente 1290 quilogramas de resíduos, o equivalente a aproximadamente 1,3 tonelada. Considerando as informações obtidas nos relatórios anuais, foi possível identificar o número de professores vinculados à instituição por ano com a finalidade de mensurar a quantidade média das canetas utilizadas por professor no período de um ano.

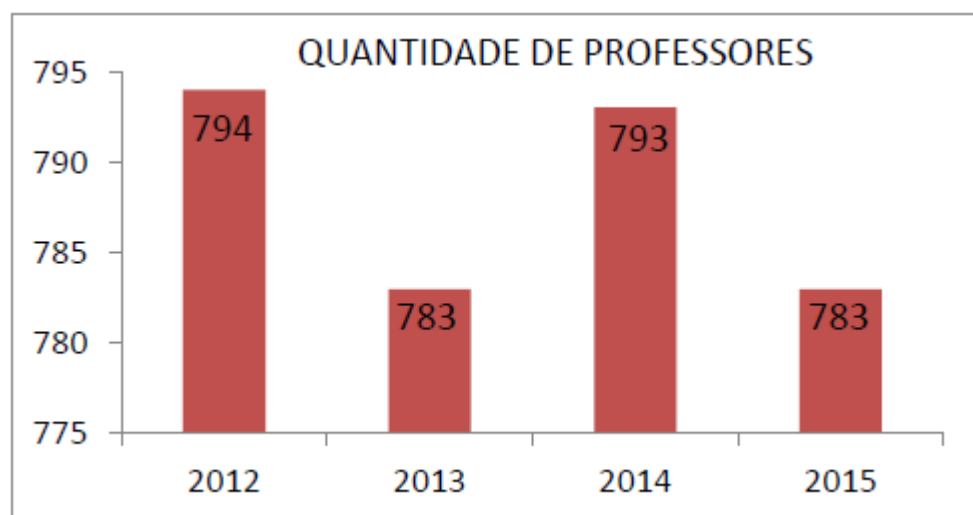


Figura 7: Quantidade de professores no período entre 2012 e 2015

Dessa forma com o auxílio dos dados contidos na tabela 1, na qual encontra-se o quantitativo de pilotos utilizado por cada período correspondente a um ano, foi possível calcular o número de canetas consumidas por professor e por período de um ano. Assim, um professor nesta instituição usa em média 18 pilotos por ano. Além de quantificar a geração de resíduos, foi realizado o levantamento dos custos equivalentes a aquisição desse material, a tabela 2 apresenta os valores de compra por ano e por cor. A instituição obteve uma despesa de R\$ 65.255,36 ao longo de cinco anos, o que equivale a R\$ 13.051,07 reais em média, por ano.

Tabela 2: Custo de aquisição dos marcadores (R\$)

COR ANO	AZUL	VERDE	VERMELHO	PRETO	TOTAL
2012	12.340,45	1.778,51	3.985,07	15.434,59	33.538,62
2013	3.602,41	815,49	---	---	4.417,90
2014	7.370,22	894,64	2.490,90	2.486,30	13.242,06
2015	3.005,15	1.036,01	183,75	387,45	4.612,36
2016	3.225,26	143,86	1.987,65	4.087,65	9.444,42
TOTAL					65.255,36

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na avaliação e desenvolvimento de um diagnóstico preliminar para determinar e identificar as características relevantes do processo logístico da caneta piloto para quadro branco utilizado por professores em uma instituição de ensino superior, foi fundamental o cruzamento das informações obtidas nas fases de aquisição documental. Isso apresentou relevante importância na confirmação e

validade das informações para os futuros resultados alcançados. Na avaliação e estudo dos dados adquiridos pode-se verificar que o fluxo logístico existente na instituição de ensino para as canetas tipo Pilot é tradicional, sem a aplicação da metodologia de logística reversa ou ações referentes ao pós-consumo. Nesse contexto, a universidade dispõe de locais específicos para a correta coleta dos materiais a serem descartados, cumprindo parcialmente a lei da política de resíduos sólidos que prevê a responsabilidade compartilhada. Baseado nos resultados obtidos quanto à quantidade de caneta Pilot utilizada na instituição, verificou-se um consumo de 64.465 unidades entre 2012 e 2016. A observância do volume de resíduo gerado em cinco anos, algo em torno de 1,3 toneladas, destinados ao aterro sanitário da região, do ponto de vista ambiental, econômico e social, ou seja, com vista à sustentabilidade, aponta para a necessidade de destinação adequada dos resíduos envolvendo reciclagem ou reutilização de parte do material. Outro ponto relevante é o custo de aquisição das canetas, que em cinco anos totalizou 65.255,07 reais. Entretanto, na análise por ano foi observado diferenças significativas dos custos, o que permite inferir a utilização das canetas em estoque não necessitando da aquisição de novas. O trabalho revelou que a instituição de ensino superior estudada, apesar de possuir local adequado a correta coleta das canetas tipo Pilot, deve implantar um sistema de logística reversa das canetas pós-consumidas, de forma a se alinhar com as diretrizes da lei de política de resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Rafael Medeiros, FERREIRA, João Alberto. A Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil frente as questões de globalização. *Revista Eletrônica do PRODEMA*. Fortaleza, V 6, n1, p.7-22 , 2011.
- ARAUJO, Kassia Karina, PIMENTEL, Angélica Kelly. A problemática do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vogel do Lago e Jatiúca em Maceió, Alagoas. *Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, V 4, N 2, p. 626-668, 2015.
- CARVALHO, Debora Freitas, BARATA Ana Júlia Senna Sarmento, ALVES Ricardo Ribeiro. Logística reversa de lixo eletrônico nas organizações públicas. *Ciência e Natura*, V 38, n2, p. 862-872, 2016.
- CASTRO, Roberto Cespón, MARTINS, Fernando Augusto Silva, HERNANDES, Cecilia Toledo. Modelo de Gerenciamento da Logística Reversa. *Gestão da Produção*, São Carlos, V 19, n3, p. 445-456, 2012.
- FERNANDES, Kleber dos Santos. *Logística: Fundamentos e Processos*. 1ª ed. rev. Curitiba – PR : IESDE Brasil, 2012.
- GONÇALVES, Marcus Eduardo. MARINS, Fernando Augusto Silva. Logística Reversa numa Empresa de Laminação de Vidros: um estudo de caso, *Gestão & Produção*, v.13, n.3, p.397-410,2006.
- LAGARINHOS, Carlos A. F., TENÓRIO, Jorge A.S. Logística Reversa dos Pneus Usados no Brasil. *Polímeros*, V 23, n1, p. 49-58, 2013
- LEITE, Paulo Roberto. *Logística Reversa – meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- LIZARELLI, Fabiane Leticia, MILANO, Camila Bonelli. Mapeamento da logística reversa de pilhas e baterias: Estudo de caso de um projeto proposto por uma instituição bancária. *GEPROS Gestão da Produção e Sistemas*, Bauru V 9, n1, p. 115-130, 2014.
- MANRICH, Sati, COSTA, Brenno L.N., FREIRE, Fernando H. O., SANTOS, Amélia S.F. Sacolas Plásticas: Destinações Sustentáveis e Alternativas de Substituição. *Polímeros*, V 22, n3, p. 228-237, 2012.
- MARSHALL, Rachael E., FARAHBAKHS, Khosrow., *Systems approaches to integrated solid waste management indeveloping countries*, *Waste Management*, v. 33, p. 988–1003, 2013
- MAZETO, Carlo Cassiano; ABREU, Estela Pinheiro de. Implantação de Coleta Seletiva em um Condomínio Residencial em Curitiba. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Processos Ambientais do Campus Curitiba da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- MONTEIRO, Milton Jonas; PAIXAO, Elane dos Santos da; MONTEIRO, Emmanuel Aldano de Franca; ALMEIDA, Marcelo; SILVA, Tharcia Suelen Vasconcelos. Logística Reversa: Análise diagnóstica da gestão dos resíduos sólidos urbanos em áreas comerciais. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013.
- PILOT PEN DO BRASIL S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Ficha de informações de segurança de produto químico. 2016.

PIZZOLATO, Nélío Rodrigues, LEAL, Jose Eugênio, RODRIGUES, Gisela Gonzaga, RODRIGUES, Déborah Francisco. Logística Reversa-Conceitos e Componentes do Sistema. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba, 2002

PORTELLA Marcio Oliveira, RIBEIRO Jose Claudio Junqueira. Aterros Sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. Revista Direito Ambiental e sociedade, V.4, n 1, p 115-134, 2014.

QUEIROZ, Guilherme C., BRUNO, Gasparino F., COLTRO Leda. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. Polímeros: Ciência e Tecnologia, V 18, n2, p 119-125, 2008

ROSA, Humberto D. O resíduo como um valor: Novo paradigma de gestão de resíduos. Guia para uma gestão sustentável dos resíduos. Edição para autarcas. Lipor, p. 10-11, 2009.

SANTOS, M. Bulhões dos.; COLPANI, D.; DORILÊO, I. Corrêa; BONETI, J. dos Santos; Produção de Tintas para Marcadores de Quadro Branco a partir do Pigmento do Urucum (Bixa Orellana L.). 53º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, Rio de Janeiro,RJ, Brasil, 14 a 18 de Outubro de 2013

SHIBAO Fábio Ytoshi, MOORI Roberto Giro, SANTOS Mario Roberto. A logística Reversa e a Sustentabilidade Empresarial. XIII SemeAd, Seminário de Administração, 2010.

ZANIN, Maria. MANCINI, Sandro Donnini. Resíduos Plásticos e Reciclagem – aspectos gerais e tecnologia, 1ª Ed., EdUFSCar, São Carlos, 2004

Capítulo 4



10.37423/220305594

ESTRUTURAÇÃO DE BDE PARA SISTEMA DE GEOINFORMAÇÃO DE SUPORTE À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

Lígia Albuquerque de Alcântara Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco

Lucilene Antunes Correia Marques de Sá

Universidade Federal de Pernambuco



Resumo: Entre todas as preocupações relacionadas com a gestão e o planejamento do uso e ocupação territorial visando garantir o desenvolvimento sustentável, a crescente demanda por água e a limitação da disponibilidade hídrica local se destacam. A grande demanda por utilização do manancial hídrico subterrâneo na Região Metropolitana do Recife – RMR após uma crise de abastecimento nos anos de 1998 e 1999 comprometeu o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. Visando contribuir para uma gestão mais eficiente com a utilização de sistemas de geoinformação, o trabalho apresenta uma metodologia para estruturação de base de dados espaciais voltada para gestão do manancial hídrico subterrâneo.

Palavras-chave – SIG; Base de Dados Espaciais; integração de dados.

1. INTRODUÇÃO

Alguns dos maiores problemas relacionados com a gestão e o planejamento do uso e ocupação territorial visando garantir o desenvolvimento sustentável são a crescente demanda por água e a limitação da disponibilidade hídrica local.

Uma crise de abastecimento de água na Região Metropolitana do Recife – RMR nos anos de 1998 e 1999, devido à precipitação chuvosa abaixo do normal, levou os mananciais de superfície a níveis próximo do colapso. O racionamento decorrente da crise mostrou o quanto o sistema de abastecimento da região está suscetível a estiagens (MONTENEGRO et al, 2009).

Por representar uma fonte mais confiável de abastecimento, as águas subterrâneas sofreram uma maior procura. Segundo COSTA et al (2002), o número de poços perfurados na RMR aumentou consideravelmente chegando a dobrar durante o período de 1998 a 2000.

A grande demanda por utilização do manancial hídrico subterrâneo da região comprometeu o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos o que chamou a atenção da comunidade acadêmica. A expansão descontrolada das indústrias, agricultura e assentamentos, bem como a gestão insuficiente de destituição de resíduos e tratamento de esgoto já contaminam enormes quantidades de águas superficiais e subterrâneas. A falta de um leque de informações básicas, por exemplo, sistemática de mapas geológicos ou hidrogeológicos, bem como informações detalhadas sobre perfis de poços com parâmetros geotécnicos e hidrogeológicos torna quase impossível a aplicação de ferramentas de gestão sofisticadas para águas subterrâneas nestas áreas, porque a maioria dos dados de entrada necessários não estão disponíveis. Por outro lado, a vulnerabilidade dos recursos de águas subterrâneas é extremamente elevada considerando as condições precárias de infra-estrutura e a regulamentação insuficiente do uso do solo nas áreas vulneráveis (MENDE et al , 2007).

Diante desse cenário, fica clara a necessidade de desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica que propicie a gestão sustentável dos mananciais hídricos subterrâneos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife pertence à mesoregião da zona da mata do estado de Pernambuco. Com 2.766km² de extensão (Figura 1), sua área engloba 14 municípios: Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe, São Lourenço da Mata, Paulista, Abreu e Lima, Igarassu, Itapissuma, Itamaracá, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca e Moreno. Segundo o Censo 2010 realizado pelo IBGE, existem na RMR mais de 3,7 milhões de habitantes o que retrata uma concentração de mais

de 42% da população do estado e corresponde a uma densidade demográfica de mais de 1337 habitantes por km² (IBGE, 2010).

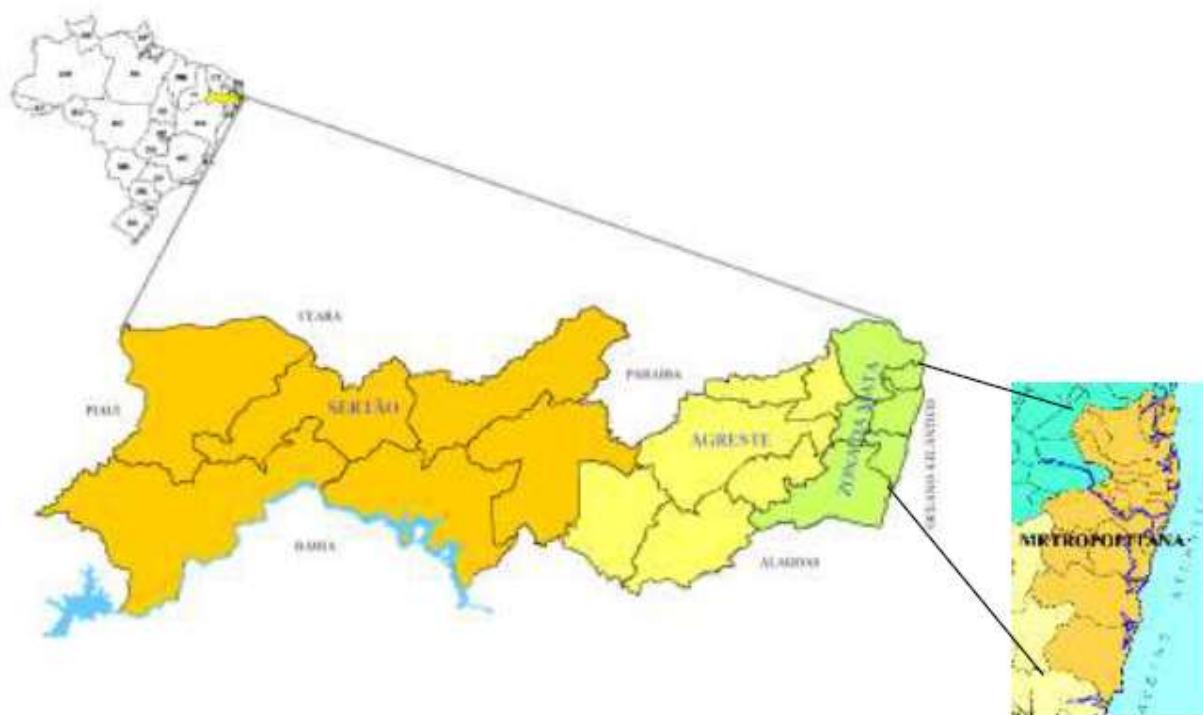


Figura 1 – Localização da Região Metropolitana de Recife.

Fonte adaptada: SILVA et al (2003).

De acordo com o relatório de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife (LEAL, 1994), a RMR apresenta duas unidades geológico/geotectônicas distintas: as rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano, integrantes do Alto Pernambuco/Alagoas e as rochas sedimentares de idade cenozóica/mesozóica que compõem a Bacia Costeira Pernambuco/Paraíba.

3. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM PERNAMBUCO

O estado de Pernambuco foi o segundo no Brasil a aprovar uma legislação específica para águas subterrâneas. As instituições responsáveis por gerir os recursos hídricos no estado são a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH e a Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH.

A legislação em vigência, destinada aos recursos hídricos do estado, possui como principais instrumentos: a Lei nº 11.426 de 17 de janeiro de 1997 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e seu decreto regulamentador, Decreto Lei nº. 20.269 de 24 de dezembro de 1997, que institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a Lei nº. 11.427 de 17 de janeiro de 1997 e seu decreto regulamentador, Decreto Lei nº. 20.423 de 26 de março de 1998, que

dispõem sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas do estado de Pernambuco; e a Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Resolução CRH) nº. 04/2003 que de acordo com os resultados do Estudo HIDROREC II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes aprova o Mapa de Zoneamento Explorável de Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife como base para o licenciamento e a outorga de poços.

A Lei nº. 11.426 apresenta os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos: outorga, fiscalização, infrações e penalidades, cobrança e sistema de informações.

- O termo de outorga é o documento que garante o direito de uso do recurso, é solicitado na CPRH ao dar entrada no licenciamento ambiental para instalação de um poço. A CPRH fica responsável por encaminhar à SRH uma cópia da documentação para análise de disponibilidade hídrica da área.
- A fiscalização é feita pela CPRH e busca verificar se os usuários atendem às condições necessárias para outorga e licenciamento.
- As infrações são classificadas de acordo com o Artigo 77 do Decreto Lei nº. 20.423/1998 em leves, graves e gravíssimas. E de acordo com a gravidade da infração, das circunstâncias atenuantes ou agravantes e os antecedentes do infrator são aplicadas as penalidades.
- É cobrada taxa de licenciamento ambiental para uso de água subterrânea com fins industriais ou comerciais e para fins domésticos ou rurais quando a profundidade passa dos 20m e a Vazão ultrapassa o valor de 5m³/dia.
- O sistema de informações existente foi implantado em forma de banco de dados na Divisão de Outorga e Vistoria da SRH.

A CPRH é responsável pela fiscalização das licenças e dos termos de outorga emitidos para garantir as condições sanitárias dos pontos de extração do recurso e a manutenção dos documentos expedidos, mas devido ao grande volume de poços e de novos processos e da falta de condições para realizar periodicamente vistorias, as visitas aos pontos de captação são realizadas somente na ocasião da renovação de algum dos documentos.

Desta forma constata-se que Pernambuco possui um moderno arcabouço institucional e legal, mas mesmo assim o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos encontra-se com sérios problemas como dificuldades operacionais, reduzido contingente para fiscalização e ausência de instrumentos tecnológicos para monitoramento, os quais impulsionam a implantação de um instrumento de gestão baseado no uso de novas tecnologias que contribua para a sistematização e padronização dos dados referentes aos recursos hídricos.

4. SISTEMAS DE GEOINFORMAÇÃO

O termo Sistema de Geoinformação é empregado para sistemas computacionais que realizam o tratamento de dados espaciais que representam fenômenos do mundo real através de duas principais componentes: localização geográfica e atributos descritivos (FERREIRA, 2003).

BURROUGH (1986) já apresentava o SIG como principal ferramenta para planejamento e apoio a tomada de decisões, mas considerando uma abordagem mais completa, TAYLOR (1991) define o SIG como sistema de captura, armazenamento, checagem, integração, manipulação, análise e visualização de dados referenciados espacialmente.

As diversas definições encontradas para o termo derivam da multiplicidade de usos que envolvem essa tecnologia. O Sistema de Geoinformação (SIG) constitui uma ferramenta que possibilita a visualização de informações espaciais em formatos diversos, proporcionando ao planejador uma ampla visão da problemática que está ocorrendo em uma determinada área da cidade, através da interpretação de dados gerados pelo próprio sistema (HARRIS, 2001).

Este ambiente permite o armazenamento, a codificação e análise de dados espaciais e alfanuméricos. Ele associa atributos gráficos e não-gráficos, ou seja, é composto por um ambiente gráfico associado a um banco de dados tabular, sendo que a estrutura de dados é baseada em relações topológicas - sua localização espacial relativa está associada a um sistema de coordenadas (HUXHOLD, 1991).

Como esquematizado na Figura 2, um SIG pode ser representado como uma rede que através do uso de hardwares, softwares e procedimentos diversos relaciona pessoas a dados espacialmente definidos.

Dessa forma, os cinco componentes básicos de um SIG são:

- Hardwares que correspondem à plataforma computacional utilizada;
- Softwares, ou seja, os programas, módulos e sistemas associados;
- Dados formadores da Base Cartográfica do sistema que devem ser armazenados usando um sistema de gerenciamento de banco de dados;
- Pessoas, isto é, os profissionais responsáveis pelo projeto, pela atualização da BDE além dos usuários do sistema;
- e Procedimentos, ou seja, métodos e práticas que correspondem às regras de negócio fazendo com que o sistema opere de forma adequada à organização.

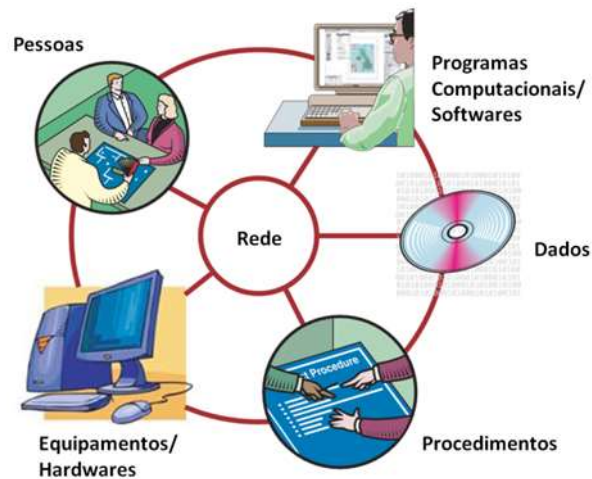


Figura 2 – Componentes dos SIG.

Fonte: LONGLEY (2005).

Segundo MEDEIROS (1997), estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerenciamento de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

A Figura 3 indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados, de uma forma ou outra, aparecem em um SIG.

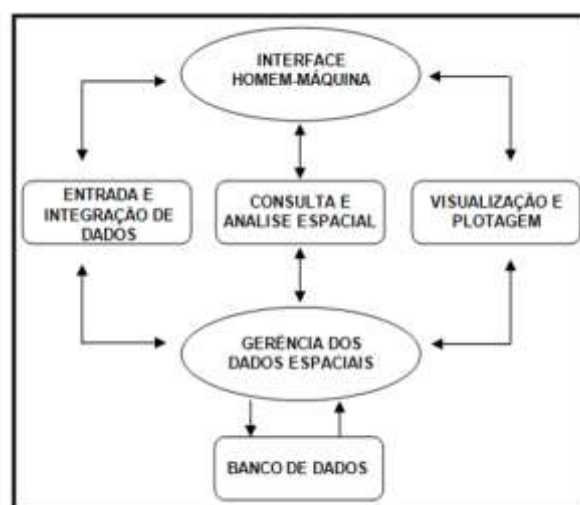


Figura 3 – Arquitetura do SIG.

Fonte: MEDEIROS (1997).

Devido à ampla gama de aplicações, há pelo menos três grandes maneiras de se utilizar o SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos ou como banco de dados espaciais com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial (MADRUGA, 2008).

De acordo com ARAUJO (2008) o uso do SIG é cada vez mais necessário na análise do espaço geográfico, principalmente nas áreas onde o volume de dados manipulados é muito grande. Sua capacidade de capturar, armazenar, recuperar, transformar e representar espacialmente os dados tem feito desta ferramenta um instrumento versátil de auxílio a solução de problemas de planejamento urbano e ambiental.

4.1 – ESTRUTURAÇÃO DE BASES DE DADOS ESPACIAIS

A informação espacial atualizada do território é a ferramenta mais adequada para realizar ações de planejamento, gestão e projetos de maneira eficaz e sustentável. Dessa forma, a estruturação de Base de Dados Espaciais (BDE) é indispensável para implantação de qualquer Sistema de Geoinformação. O processo demanda tempo e equipe treinada na manipulação de dados espacializados. O termo Base de Dados Espaciais é empregado em representações do espaço real geradas pela aplicação de métodos cartográficos e que são visualizadas em espaço reduzido.

Segundo BURROUGH (1986), a BDE pode ser considerada um conjunto de entrada e processamento que fornece subsídios para o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) recuperar e transformar dados em informações. Um sistema de gerenciamento de banco de dados consiste em uma coleção de dados inter-relacionados, normalmente referenciada como banco de dados associados a um conjunto de programas para acessá-los (KORTH e SILBERSCHATZ, 1994).

De acordo com SÁ (2001), os dados espaciais, objetos formadores da BDE, são compostos por dados gráficos e dados descritivos e possuem como características básicas sua posição espacial, seus atributos, a relação espacial e o tempo. As coordenadas correspondem à posição espacial e indicam a localização dos objetos sobre um plano de projeção relativo à superfície terrestre. Os atributos são responsáveis pela descrição do objeto representado. As relações espaciais ocorrem entre os dados gráficos e descritivos e todos os fenômenos concretos que ocorrem na superfície da Terra estão relacionados com intervalo ou instante de tempo.

Um conjunto de dados espaciais que estão agrupados segundo algum contexto e que podem ser caracterizados por um mesmo conjunto de atributos, é chamado de plano de informação (FERREIRA, 2003).

Na forma vetorial os objetos do mundo real são expressos sob a forma de pontos, linhas e polígonos descritos por pares de coordenadas em um sistema de coordenadas espaciais; enquanto que na representação matricial (raster) a posição da representação cartográfica está ligada a posição das células da imagem sob a forma de matriz (PEREIRA e SILVA, 2001).

De acordo com PEREIRA (1999) a estruturação da BDE inicia-se pela definição dos dados espaciais que serão representados nos documentos cartográficos e que formarão as bases digitais de dados gráficos e descritivos. Segundo SILVEIRA et al (2008), ela pode ser realizada através da criação ou da construção da BDE. O processo de criação é aplicado quando os dados necessários à aplicação não existem ou não estão disponíveis; enquanto que o processo de construção ocorre quando os dados necessários existem e estão disponíveis.

O processo de criação de BDE envolve a coleta de dados em campo através do uso das geotecnologias para aquisição de dados, ou seja, com o uso da Topografia, da Geodésia, do Sensoriamento Remoto ou da Aerofotogrametria. A escolha da provável técnica a ser usada se baseia na finalidade da aplicação, na acurácia requerida e principalmente no que será coletado.

Segundo SILVEIRA et al (2008), a construção da BDE é um processo que demanda conhecimentos multidisciplinares para compatibilização de dados espaciais e é realizada a partir de bases cartográficas já existentes e passíveis de serem inseridas em um SIG, tais como cartas topográficas e levantamentos aerofotogramétricos. Dessa forma se constitui num procedimento mais rápido e com um custo bem mais baixo se comparado ao processo anterior.

Um aspecto a ser considerado para a estruturação de bases de dados espaciais de utilização por diversos grupos de usuários, com múltiplos interesses, é a documentação de seu conteúdo. Sem documentação apropriada toma-se difícil para os usuários localizar os dados necessários para as suas aplicações, bem como entender seu significado. Uma vez encontrados os dados, normalmente é necessário conhecer como foram coletados e que acurácia possuem. As descrições desses dados armazenados são normalmente conhecidas por metadados.

5. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia empregada para estruturação de uma base de dados espaciais engloba o mapeamento dos poços existentes e coleta de informações que propiciem a integração de dados sobre o meio físico e o tipo de uso e cobertura vegetal da terra subsidiando de forma adequada os processos de gestão e outorga de direito de uso de água subterrânea.

Foi aplicado o processo de construção de BDE por existir dados espaciais disponíveis nas instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

O processo de construção da BDE engloba uma série de procedimentos sendo os principais a conversão de mapas analógicos para o formato digital e a conversão de dados de uma forma de representação digital para outra. A conversão sintática direta é a abordagem mais básica para intercâmbio de dados espaciais através da tradução dos arquivos de informações cartográficas entre diferentes formatos (BARBOSA et al, 2008).

A construção de bases cartográficas convencionais está bem definida em termos da legislação brasileira. Competência, responsabilidade técnica e também a classificação em termos de qualidade e precisão são itens estabelecidos. Para bases cartográficas digitais, não existe ainda nenhuma legislação específica; talvez por isso a base cartográfica digital seja um dos sérios problemas existentes no Brasil, tanto pela sua inexistência em escalas diversificadas, como pelo despreparo e desconhecimento de cartografia pelas equipes que trabalham com Tecnologias da Geoinformação (MENEZES e CRUZ, 2000).

Para garantir que os dados que constituirão em uma base cartográfica digital possam ter acurácia e qualidade, alguns cuidados precisam ser tomados durante o processo de construção de uma base de dados espaciais como, por exemplo, organizar os dados em um sistema gerenciador do banco de dados com extensão espacial, revisar os produtos cartográficos já existentes e corrigir os erros dos dados adquiridos.

Neste trabalho, a construção da base de dados espaciais englobou as ações de levantamento das informações existentes nas diversas áreas do conhecimento nos diversos órgãos e instituições das três esferas (federal, estadual e municipal); de análise da qualidade dos dados, conversão dos dados para o SIG; edição da base cartográfica e organização do banco de dados. A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia aplicada.

5.1 – RECURSOS TECNOLÓGICOS

Os recursos tecnológicos utilizados foram um microcomputador com processador de 2.20GHz, disco rígido de 120GB, memória RAM de 2GB e placa de vídeo de 256MB; programa computacional do tipo CAD – AutoCAD Map – responsável pela manipulação e edição dos arquivos CAD; programa tipo SIG – ArcGIS – responsável pela manipulação e edição de arquivos shapefile, além da conversão entre sistemas de referência; sistema Gerenciador de Banco de Dados – Microsoft Access – escolhido por ser compatível com o ArcGIS.

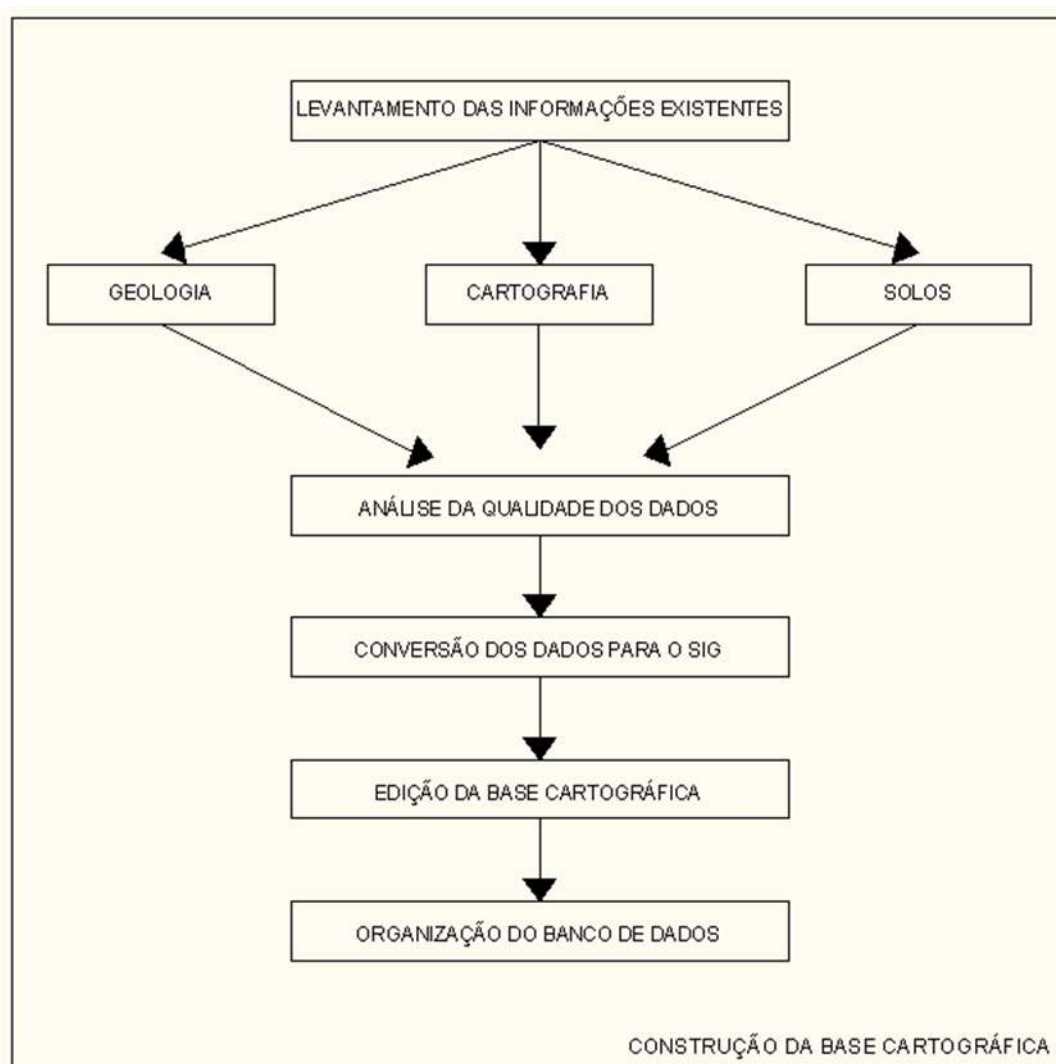


Figura 4 – Detalhamento da metodologia.

5.2 – DETALHAMENTO DAS ETAPAS

Nas instituições responsáveis por gerenciar os recursos hídricos subterrâneos foram coletados os dados e as bases cartográficas que abrangem a área de estudo e contemplam informações necessárias à gestão dos recursos hídricos subterrâneos, foram eles:

- Mapas do Zoneamento Agroecológico de Estado de Pernambuco - ZAPE Embrapa, 2001.
- Mapa dos Domínios Hidrogeológicos do Brasil - CPRM, 2007 – Escala 1:2.500.000.
- Base Planimétrica do Cadastro de Áreas Comprometidas com Intervenções da RMR - Agência CONDEPE/FIDEM Escala aproximada 1:10.000 .
- Cartas de Nucleação - SEPLAN, 2003 Escala 1:20.000.
- Malha municipal para RMR - IBGE.
- Limites das áreas de proteção da RMR - APA's, reservas ecológicas, área de proteção de mananciais em diferentes escalas e sistemas de referência.
- Mapa Geológico do Estado de Pernambuco - CPRM, 2003 Escala 1:500.000.
- Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado de PE - SECTMA, 1999 Fonte: Cartas da SUDENE - Escala 1:100.000.
- Mapa de Zoneamento Explotável – HIDROREC II - Mapa impresso da CPRH.
- Banco de dados de poços - Fonte: Divisão de Outorga e fiscalização da SRH. Arquivo Excel atualizado até Julho de 2009, contendo: endereço, localização geográfica (LAT/LONG), finalidade, vazão, situação do processo, situação das licenças, bacia hidrográfica, bacia hidrogeológica, aquífero, informações da construção do poço e tipo de bomba utilizado.

Todos os dados coletados foram analisados para identificar principalmente o formato, a escala de mapeamento e o sistema de projeção adotado. A etapa de conversão dos dados compreendeu a transformação dos dados do formato CAD para o formato do programa SIG utilizado na pesquisa, neste caso o formato shapefile. De cada mapa foi extraída a informação principal de interesse para a gestão de recursos hídricos essas informações foram agregadas em planos de informação e cada plano de informação gerou um arquivo shapefile único. Para inserção no SIG, o Mapa de Zoneamento Explotável do HIDROREC II foi digitalizado sobre as Cartas de Nucleação na escala 1:20.000 e os poços de captação de água subterrânea foram espacializados usando as coordenadas extraídas do banco de dados da SRH.

A edição da base cartográfica foi realizada em ambiente SIG com o auxílio do programa ArcGIS. Como primeiro passo todos os planos de informação foram recortados para a área da Região Metropolitana de Recife, sendo as demais regiões descartadas. Posteriormente os planos de informação foram convertidos para um único sistema de projeção com mesmo sistema de referência para em seguida

utilizar ferramentas de edição na correção dos vetores, verificação de inconsistências e edição topológica das feições.

O banco de dados foi organizado incluindo as informações referentes a cada plano de informação nas tabelas de extensão dbf que formam os arquivos shapefiles.

6. CONCLUSÃO

A qualidade dos dados coletados influencia diretamente a precisão posicional da aplicação final. A utilização do mapeamento de poços do banco de dados da SRH mostrou-se eficiente, mas para confirmação das coordenadas recomenda-se a realização do recadastramento de todos os poços licenciados e outorgados.

A base de dados espaciais construída mostrou-se adequada para apoiar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos na Região Metropolitana de Recife.

Diante do exposto, este trabalho mostra que a utilização de base de dados espaciais estruturada em ambiente SIG é um instrumento que garante a transparência, eficiência e eficácia da gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, M.C.B. “Praia da Boa Viagem, Recife-PE: Análise sócio-ambiental e propostas de ordenamento”. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2008. 279p.
- BARBOSA, C.C.A.; SILVA, H.A.; ANTUNES, L.C.M.S.; PORTUGAL, J.L. “Base de dados espaciais aplicada à erosão costeira”. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, II SIMGEO (CD-ROM). Recife-PE. Setembro, 2008.
- BURROUGH, P.A. “Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment”. Oxford University Press, 1986. 315p.
- COSTA, W.D; COSTA, H.F; FERREIRA, C.A; MORAIS, J.F.S; VERDE, E.R.V; COSTA, L.B. “Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes” – HIDROREC II, 2002.
- FERREIRA, KR. “Interface para Operações Espaciais em Banco de Dados Geográficos”. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada, 2003. Disponível em: < http://www.dpi.inpe.br/teses/karine/tese_karine.pdf>. Acesso em 15-05-09.
- HARRIS, B. “Sketch Planning: Systematic Methods in Planning and Its Support”. In: Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools, Edit. R. K. Brail e R.E. Klosterman, ESRI Press, 2001, p. 59- 80.
- HUXHOLD, W. E. “An Introduction to Urban Geographic Information Systems”. Oxford University Press, Oxford, 1991
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. “Censo Demográfico de 2010”. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo/default.php>>. Acesso em 25/02/2011.
- KORTH, F. H.; SILBERSCHATZ, A. “Sistemas de Bancos de Dados”. São Paulo: McGraw-Hill, 1994. 693 p.
- LEAL, O. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE; “Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife”. Recife: CPRM/FIDEM, 1994. (Série Recursos Hídricos, 2).
- LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. “Geographical Information Systems and Science”. John Wiley & Sons Ltd, Toronto. 2nd Edition, 2005.
- MADRUGA, RA. “Geração de Base Cartográfica Digital utilizando imagens de satélite de altíssima resolução espacial para o Suporte ao Planejamento Municipal”. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, 2008. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/13770>>. Acesso em 09.12.2009.
- MEDEIROS, JS. “Bancos de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologias de Apoio à Gestão do Território”. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia, 1997. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/simeao/>>. Acesso em 15-05-09.

MENDE, A; ASTORGA, A; NEUMANN, D. "Strategy for Groundwater Management in developing countries: A Case Study in Northern Costa Rica". In: Journal of Hydrology Volume 334, Issues 1-2, 20 February 2007, Pages 109-124. Disponível em: <<http://indy2.igeograf.unam.mx/aih/pdf/T1/T1-22.pdf>>. Acesso em 27.04.2010.

MENEZES, P.M.L.; CRUZ, C.B.M. "Considerações sobre Bases Cartográficas Digitais". Universidade Federal do Rio de Janeiro / GeoCart - Laboratório de Cartografia. 2000. Disponível em: <http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/Base_Cart_Digitais.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2009.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; CABRAL, J.J.S.P.; PAIVA, A.L.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; DEMETRIO, J.G.A.; CAVALCANTI, G.L. "Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento". In. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 14, n.3 Jul/Set 2009, pág.81-93. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/publicacoes_art.php>. Acesso em: 05 nov. 2009.

PEREIRA, G.C. "Geoprocessamento e urbanismo em Salvador: uma contribuição cartográfica". Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro: UNESP, 1999.

PEREIRA, G.C.; SILVA, B.C.N.. "Geoprocessamento e Urbanismo". In: GERARDI, L.H.O.; MENDES, L.A. (Org.). Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: temas de Geografia contemporânea. Rio Claro: UNESP, 2001, p. 97-137. Disponível em: <<http://homepage.mac.com/gilbertocorso/textos/Geo%20e%20Urbanismo.PDF>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

RESOLUÇÃO CRN. "Resolução N°04 / 2003 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos", Governo do Estado de Pernambuco, 2003.

SÁ, L.A.C.M. de. "Modelagem de Dados Espaciais para Sistemas de Informações Geográficas – Pesquisa na Emergência Médica". Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2001.

SILVA, S.R; FREIRE, P.K.C; BARBOSA, D.L; WANDERLEY, S.F.S. "A Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco". Recife, 2003. Disponível em: <http://www.sectma.pe.gov.br/artigos.asp?secao_artigo=3&menu_sub=4> Acesso em 05 ago. 2009.

SILVEIRA, T.A.; CARNEIRO, A.F.T.; PORTUGAL, J.L. "Estruturação de Bases Cartográficas para Sistemas de Informação Geográfica (SIG)". In. Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, II SIMGEO (CD-ROM). Recife-PE. Setembro, 2008.

TAYLOR, F. "Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography", V.1. Pergamon. Ottawa, Canada, 1991.

Capítulo 5



10.37423/220305598

MANUFATURA ENXUTA E PRODUÇÃO MAIS LIMPA: INDICADORES PARA A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Liane Mahlmann Kipper

Universidade de Santa Cruz do Sul

Lucas Vinicius Reis

Universidade de Santa Cruz do Sul

Nicholas Hoffmann

Universidade de Santa Cruz do Sul

Sandra Iepsen

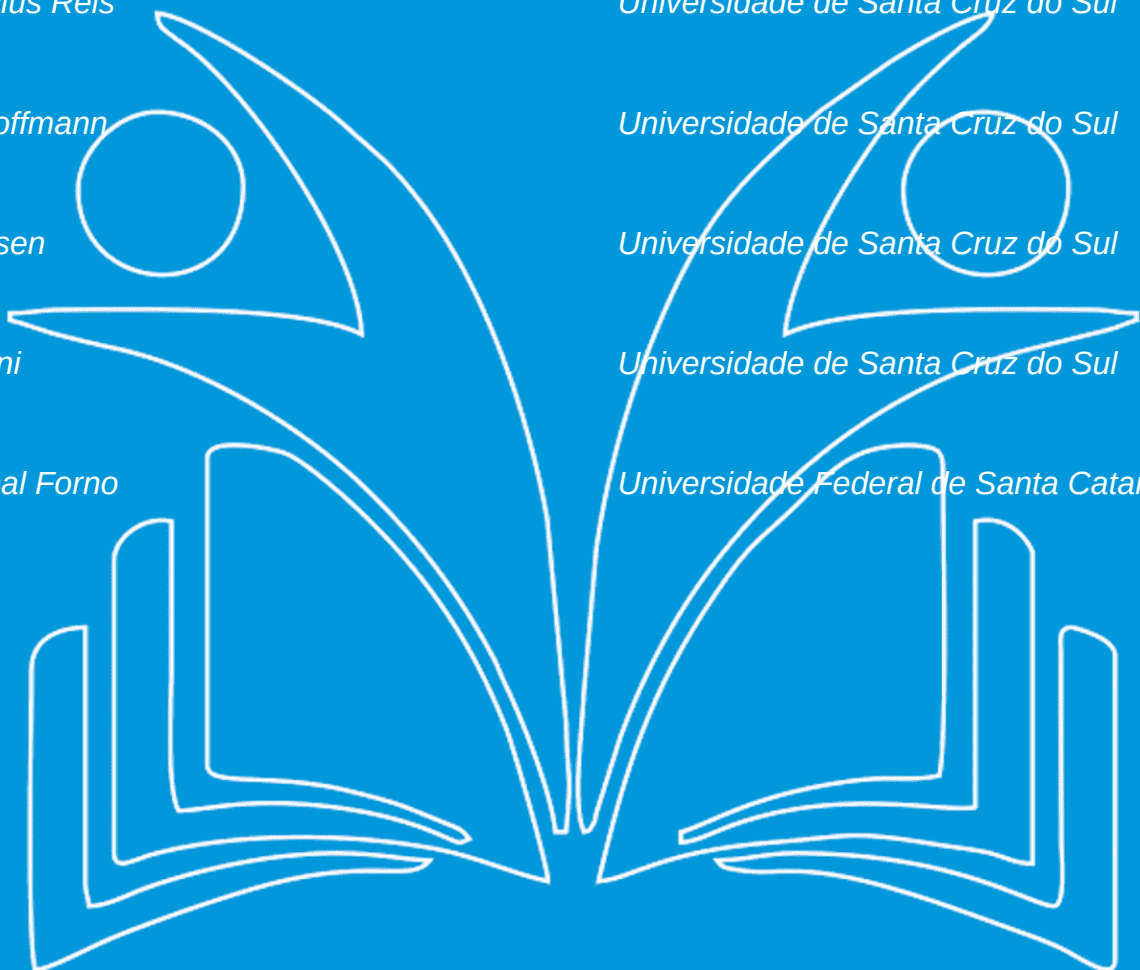
Universidade de Santa Cruz do Sul

Liege Martini

Universidade de Santa Cruz do Sul

Ana Júlia Dal Forno

Universidade Federal de Santa Catarina



Resumo: O objetivo deste trabalho foi estabelecer um conjunto de indicadores que apoiem a implementação e manutenção dos sistemas *Lean* e *Green* em propriedades produtoras de café. É também foco do estudo a integração destes sistemas de produção possibilitando uma indústria sustentável no contexto da transformação digital. Este estudo tem como proposição inicial a sugestão de indicadores para a construção de um modelo para facilitar a implementação integrada dos sistemas de produção no contexto da transformação digital no setor cafeeiro. A metodologia utilizada foi Revisão Sistemática da Literatura (RSL) e opinião de especialistas. Dos principais resultados encontrados destacam-se os 18 indicadores (9 *Lean* e 9 *Green*) identificados nesta pesquisa. Existe lacuna de conhecimento nos estudos sobre integração da Manufatura enxuta e da Produção mais limpa. Com relação aos indicadores no setor cafeeiro, embora este setor use práticas *Lean* e *Green* e controle variáveis importantes do processo de produção, ainda é necessário saber mais sobre esses sistemas de produção e sobre o uso de indicadores apropriados.

Palavras-chave: Manufatura enxuta, Produção mais limpa, Indicadores.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de produção Lean desenvolvido por Taiichi Ohno está sendo diretamente relacionado com questões de sustentabilidade, por diversos autores (ROLO, PIRES e SARAIVA, 2014; VERRIER, ET AL., 2014; DHINGRA, KRESS e UPRETI, 2014; FERCOQ, LAMOURI e CARBONE, 2016). Estes autores têm encontrado possibilidades de integração entre a filosofia do sistema de produção Lean e a produção sustentável do ponto de vista ambiental, econômico e social. A produção sustentável é identificada também como produção Green, ou sistema Green, já a produção Lean, recebe várias denominações, dentre elas destaca-se a produção enxuta ou manufatura enxuta.

O desenvolvimento sustentável é um tema central para nossa era (SACHS, 2015), sendo um assunto presente no planejamento estratégico de empresas e no meio acadêmico. Neste sentido, observa-se a necessidade de aprimorar os sistemas de produção e aperfeiçoar as metodologias existentes. O pensamento Green nasceu desta necessidade de aprimoramento e sua integração ao sistema Lean tem apresentado bons resultados (JABBOUR et al., 2013), suprimindo a necessidade das empresas em alinhar práticas comerciais com princípios de sustentabilidade ambiental (CALDERA, DESHA e DAWES, 2017).

O objetivo deste estudo é estabelecer um conjunto de indicadores que apoiem a implementação e manutenção dos sistemas Lean e Green em propriedades produtoras de café. É também foco do estudo a integração destes sistemas de produção possibilitando uma indústria sustentável no contexto da transformação digital.

Este trabalho será dividido em 5 seções, sendo que a primeira já foi apresentada. A Seção 2 apresenta a revisão bibliográfica dos conceitos Lean Manufacturing e Green Management. Já a Seção 3 compreende o método utilizado, com definições e critérios de pesquisa. São apresentadas as características das análises e leitura dos documentos selecionados, com uma visão da busca de indicadores para integração do Lean e Green. Na Seção 4 serão apresentados os resultados e discussão. A conclusão finaliza o artigo e é apresentada na Seção 5.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E SISTEMAS PRODUTIVOS

A transformação digital também conhecida como Indústria 4.0 tem, nos últimos anos, alcançado resultados pela sua popularidade, e tem sido foco de pesquisas acadêmicas, de forma intensiva desde

2012. A Indústria 4.0 é o resultado da convergência de diferentes tecnologias digitais para utilização nos sistemas produtivos. Busca implantar um sistema digitalizado de fabricação, mas não há consenso sobre o que exatamente é a Indústria 4.0, onde estão suas fronteiras, quais domínios organizacionais ela compreende ou quais tecnologias suportam esse modelo (FERRÁS-HERNÁNDEZ, 2020). Em termos práticos, qualquer empresa que opere sob uma estrutura da Indústria 4.0 está sujeita a intensas mudanças tecnológicas. Portanto, a Indústria 4.0 deve ser entendida como um conceito dinâmico e em evolução, mas antes de ocorrer as mudanças conhecer qual é o processo produtivo, seus indicadores e necessidades de melhoria torna-se necessário. Na Itália movimentos para implementar tecnologias da transformação vem acontecendo por meio do Business Plan 4.0 (COSTA et al., 2021). Os mesmos autores comentam que este tipo de plano de negócios estimula a renovação de ativos tangíveis e intangíveis com visa à digitalização dos processos produtivos. Busca integrar tecnologia, processos de negócio e capital humano. Mas estes avanços dependem de mensurações eficazes. Schneider et al. (2021) também a necessidade de examinar outras métricas de desempenho e sobre o impacto das tecnologias da transformação digital ao longo do tempo.

2.2 LEAN MANUFACTURING

A manufatura enxuta é uma filosofia que ajuda empresas a identificar e eliminar desperdícios através de constantes melhorias, controladas por ferramentas e práticas Lean (DOMINGO e AGUADO, 2015; GALEAZZO et al., 2014). São identificados sete desperdícios com o sistema enxuto de produção: superprodução, tempo de espera, transporte, defeitos, processos impróprios, estoque desnecessário e movimentos desnecessários. O objetivo na eliminação desses desperdícios é aumentar a eficiência, reduzir custos, melhorar o tempo de resposta do cliente e contribuir para melhorar a qualidade, aumentar lucros e melhorar a imagem frente ao público (VERRIER et al., 2014).

Como base no Lean, aparecem duas ferramentas, Just in Time e Kanban. No entanto, o sucesso da Toyota com a abordagem enxuta advém da construção de algo que reúne todos os seus princípios, métodos e técnicas e da aplicação concatenada deste conjunto, não somente de algumas técnicas em particular (GHINATO, 1995).

O objetivo principal do Just in time é não ter estoque, não acumular os produtos, com cada processo suprido com itens em quantidades certas, no tempo e lugar certo. E isso deve ser aplicado a toda a cadeia de suprimentos da empresa (HUTCHINS, 1999). O Kanban é usado junto ao Just in Time para controlar o uso de itens necessários em cada processo, evitando que haja estoque (SUGIMORI, 1977).

2.3 GREENMANAGEMENT

Definimos práticas Green como um conjunto de técnicas que limitam ou reduzem os possíveis impactos negativos da produção e consumo de produtos e serviços no meio ambiente, melhorando assim a pegada ambiental de uma empresa (RAO, 2004).

O Green é operacionalizado por meio de iniciativas verdes (DIGALWAR et al., 2013), apoiado por métodos e ferramentas que incluem a gestão de operações ambientais, também conhecida como operações Green (NUNES e BENNETT, 2010), Green Manufacturing, cadeias de suprimento verde (GSC) (ZHU et al., 2008), logística reversa, ecodesign, avaliação de ciclo de vida, entre outros (KAINUMA e TAWARA, 2006).

O Green Management propõe tanto mudanças tecnológicas quanto mudanças no gerenciamento dos processos produtivos. Para isto, deve-se ter uma visão do sistema produtivo e das atividades, para a realização de um diagnóstico. Após, efetua análises e indaga as causas e os efeitos das ações (DUMKE e CALÁBRIA, 2007). Assim, as tecnologias limpas aumentam a produtividade, resultado da economia de custos e racionalização dos resultados nos processos produtivos (GETZNER, 2002).

3 METODOLOGIA

Uma revisão da literatura dos sistemas Lean e Green foi realizada para pesquisar os trabalhos relacionados e as métricas, já identificadas por outros autores, que permitem a avaliação da sinergia entre esses sistemas. A revisão da literatura foi realizada nas bases de indexação da revista Scopus, Science Direct, Web of Sciense e Springer, e tenta responder à pergunta de pesquisa: "Quais são as métricas capazes de avaliar a sinergia Lean / Green?". A seleção dos artigos considerou o título, resumo e palavras-chave e usou os termos de pesquisa conforme a Tabela 1.

As buscas nessas bases de dados eletrônicas internacionais foram realizadas utilizando-se os filtros disponíveis nas opções de pesquisa avançada. Foram selecionados apenas artigos publicados entre os anos de 1996 a 2016.

Tabela 1 – Cadeia de busca

Termos	Operadores	Cadeia de busca
<i>Lean</i>	<i>And</i>	((<i>Lean and (Green and (Manufacturing or Production or Management)) and (Metrics or Indicators*)</i>)))
<i>Green</i>	<i>Or</i>	
<i>Manufacturing</i>		
<i>Production</i>		
<i>Management</i>		
<i>Metrics</i>		
<i>Indicators</i>		

O questionário da Tabela 2 foi elaborado para determinar algumas das variáveis controladas, buscar a possibilidade de implementar indicadores de desempenho e identificar as melhores práticas de produção do setor.

Tabela 2 – Questionário

Informação	Referência
Utiliza a prática <i>Just-in-Time</i> ?	BAE e KIM, 2008; PARVEEN, KUMAR e RAO, 2011
Aplica ações para combater os efeitos negativos que <i>Just-in-Time</i> pode ter sobre o sistema <i>Green</i> ?	MOLLENKOPF et al. 2010
Utiliza a prática <i>Kaizen</i> ?	PARVEEN, KUMAR e RAO, 2011
Utiliza a prática <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> ?	KURDVE et al., 2015; NG, LOW e SONG, 2015; FAULKNER e BADURDEEN, 2014
Possui funcionários treinados para trabalhar com estes sistemas de produção?	BARVE e MODULI, 2013; DORA et al., 2014
Tempo que aplica os conceitos destes sistemas	NG, LOW e SONG, 2015
Utiliza a prática <i>Genba Walk</i> ?	VERRIER, ROSE e CAILLAUD, 2016
No mapeamento de processo (VSM), foram incluídas variáveis ambientais?	FAULKNER e BADURDEEN, 2014
Quanto aos resíduos gerados no processo, existe uma política de reduzir, reutilizar e reciclar (3Rs)?	FERCOQ, LAMOURI e CARBONE, 2016
É feita uma avaliação de oportunidades de melhoria nos aspectos ambientais do produto nas várias fases de seu ciclo de vida (Análise do Ciclo de Vida – ACV)?	VERRIER et al., 2014
A empresa preocupa-se em substituir o uso de produtos perigoso em seus processos e nos casos onde a substituição não é possível realizar o controle e monitoramento?	VERRIER, ROSE e CAILLAUD, 2016

A opinião de quatro especialistas colombianos do setor cafeiteiro foi coletada através de uma entrevista, com o objetivo de identificar os principais indicadores apropriados para o setor produtivo em estudo, dentre todos os indicadores que foram encontrados na revisão da literatura.

4 RESULTADOS

A partir da aplicação deste primeiro filtro obteve-se 34 artigos na Scopus, 10 na Science Direct, 27 na Web of Science e nenhum artigo foi encontrado na Springer. O Segundo filtro aplicado foi a definição das subáreas de pesquisa: “Engineering”, “Business, Management and Accounting” e “Environmental Science” para a base Scopus e subáreas afins para as demais bases. Reduzindo o número de artigos para 29 na Scopus e sem alteração nas quantidades dos artigos das demais bases, restando 66 artigos.

Para certificar que todos os artigos realmente abordam o assunto de interesse de nossa pesquisa, o título e resumo dos 66 artigos foram lidos. Nesta etapa, que funcionou como um terceiro filtro, 14 artigos foram excluídos por não tratar do tema de nosso interesse e 24 artigos foram excluídos por estarem duplicados.

Em seguida buscamos realizar o download dos 28 artigos restantes, porém de 7 não foi possível obter acesso ao texto completo, restando então 21 para serem avaliados de forma mais detalhada

A revisão da literatura permitiu selecionarmos 11 artigos que apontaram para indicadores Lean e Green. Nestes artigos, identificamos um conjunto de 53 indicadores, em 28 não foi apresentada a definição e o método de cálculo e 14 dos indicadores encontrados foram apenas mencionados pelos autores, sem detalhes de como eles deveriam ser implementados. A análise dos 53 indicadores por especialistas do setor cafeiteiro na Colômbia indicou o uso de 18 indicadores, 9 Lean (Resíduos por unidade de produção, Porcentagem de matéria-prima reciclada, Consumo de materiais auxiliares, Consumo de matéria-prima, Investimentos em equipamentos novos, Número dos funcionários no processo de produção, Tempo de ciclo, Produtividade do trabalho, Número de reclamações dos clientes) e 9 verdes (Consumo de energia, Consumo de água, Iniciativas para gerar maior eficiência no uso de recursos, Despesas totais e investimentos em emissões de CO₂ por unidade produzidas, Emissões diretas (água e solo), Redução de emissões, Certificação ambiental, Riscos para a saúde e segurança do empregado e Emissões de CO₂ por unidade produzida). Cada indicador apresenta uma ou mais variáveis para o cálculo do indicador.

Além desses 18 indicadores indicados pelos especialistas, foram encontrados dois indicadores que avaliam tanto práticas Lean quanto Green, o OEEE (Overall Environmental Equipment Effectiveness) e o CVE (Carbon-Value Efficiency).

O indicador OEEE é proposto por Domingo e Aguado (2015) para incluir a variável ambiental às variáveis medidas originalmente por este indicador e assim fazer a mensuração Lean/Green. Então realiza-se a multiplicação da variável sustentabilidade pelas demais variáveis. E esta última variável é então obtida pela divisão do impacto ambiental da estação de trabalho pelo impacto ambiental total do estado inicial de produção. Os autores sugerem outras formas para medir a sustentabilidade que devem ser escolhidas de acordo com a preferência da empresa.

O CVE é introduzido por Ng et al. (2015) e fornece um indicador para avaliar o desempenho de Lean e Green, integrando métricas derivadas da implementação de Lean e Green. Ele rastreia o tempo de valor agregado, uma métrica amplamente aplicável derivada da implementação do Lean e a pegada de carbono, que também é uma métrica amplamente conhecida da implementação do Green. O conceito geral de CVE é rastrear a quantidade de tempo de valor agregado criado por unidade de pegada de carbono. Dá uma indicação da proporção das atividades de valor agregado por impacto ambiental, ou seja, quanto maior o valor de CVE, melhor. Sua aplicação melhorou o lead time de produção em 64,7% e reduziu a pegada de carbono em 29,9%.

Os 18 indicadores (9 Lean e 9 Green) propostos pelos especialistas e os dois indicadores que mensuram Lean e Green juntos foram organizados na Tabela 3. São apresentados os indicadores, seus conceitos e a fórmula de cálculo de cada um.

Tabela 3 – Indicadores propostos

Indicador	Conceito	Métrica
<i>Resíduos por unidade de produção</i>	Mede os desperdícios ligados à produção por unidade.	Resíduo gerado em um mês (Kg) /Quantidade produzidas em um mês (Kg)
<i>Porcentagem de matéria-prima reciclada</i>	Mede a quantidade de matéria-prima reciclada em relação ao total de materiais utilizados.	(Valor total de materiais reciclados utilizados em um mês (\$) /Valor total de materiais utilizados em um mês (\$)) *100
<i>Consumo de materiais auxiliares</i>	Mede o consumo de materiais que não são usados no produto.	Valor gasto em materiais auxiliares em um mês (\$) /Quantidade produzida em um mês (Kg)

<i>Consumo de matéria-prima</i>	Mede a quantidade de matéria-prima usada ou retirada nos processos.	Valor total gasto com matéria-prima em um mês (\$) /Quantidade produzida em um mês (Kg)
<i>Investimentos em equipamentos novos</i>	Mede o valor gasto com novos equipamentos durante um ano.	Valor investido em equipamentos novos em um ano (\$) /Tamanho da finca (Há)
<i>Número dos funcionários no processo de produção</i>	Mede o número de funcionários que estão envolvidos com o processo produtivo.	Número de funcionários diretamente envolvidos no processo produtivo /Tamanho da finca (Há)
<i>Tempo de ciclo</i>	Mede o tempo decorrido do início de um processo até seu fim.	Tempo necessário para produzir um saco (Horas)
<i>Produtividade do trabalho</i>	Mede a produtividade dos funcionários em relação a quantidade produzida.	(Horas trabalhadas em um mês*Número de empregados) /Quantidade produzida (Kg)
<i>Número de reclamações dos clientes</i>	Mede o número de reclamações dos clientes.	Reclamações de clientes em um mês /Quantidade produzida em um mês (Kg)
<i>OEEE (Overall Environmental EquipmentEffectiveness)</i>	Adiciona a variável sustentabilidade ao cálculo de eficiência global de equipamentos.	OEEE= Disponibilidade (%) x Performance (%) x Qualidade (%) x Sustentabilidade (%)
<i>CVE (Carbon-ValueEfficiency)</i>	Rastreia a quantidade de tempo de valor agregado criado por unidade de pegada de carbono.	Tempo de valor agregado /Pegada total de carbono
<i>Consumo de energia</i>	Mede o consumo de energia utilizado por unidade produzida.	Consumo de energia em um mês (KWh) /Unidades produzidas em um mês (Kg)
<i>Consumo de água</i>	Mede o consumo de água utilizados nos processos durante um mês por unidade.	Consumo de água em um mês (m³) /Unidades produzidas em um mês (Kg)
<i>Iniciativas para gerar maior eficiência no uso de recursos</i>	Número de iniciativas criadas para gerar maior eficiência no uso de recursos por ano.	Número de iniciativas para otimizar o uso de recursos por ano) /Número de funcionários
<i>Despesas totais e investimentos em proteção ambiental</i>	Mede os investimentos e os gastos na proteção do meio ambiente.	Valor investido em proteção ambiental por ano (\$) /Tamanho da finca (Há)
<i>Emissões diretas (água e solo)</i>	Mede a quantidade de emissões por unidade produzida.	Total de resíduos (sólidos e líquidos) descartados na água e/ou solo (Kg) /Quantidade produzida (Kg)
<i>Redução de emissões</i>	Mede a redução das emissões de CO2.	(CO2 produzido no último período (Ton.) – CO2 produzido no período atual

		(Ton.)) /Tamanho da finca (Há)
<i>Certificação ambiental</i>	Mede a pontuação da finca alcançada na certificação ambiental.	Pontuação alcançada na última certificação (%)
<i>Riscos para a saúde e segurança do empregado</i>	Mede os riscos para a saúde e segurança dos funcionários através do número de horas não trabalhadas por razão de saúde.	(Número de horas não trabalhadas por razão de saúde) / (Carga horária mensal*Número de empregados do processo produtivo)) *100
<i>Emissões de CO2 por unidade produzida</i>	Relaciona a quantidade de CO2 produzido por produção realizada em um determinado período de tempo.	CO2 produzido em um mês (Ton.) /Unidades produzidas em mês (Kg)

O conjunto de indicadores definido pelos especialistas foi então aplicado em 18 empresas do setor cafeeiro da Colômbia e verificou-se que apenas 6 empresas na amostra total medem 50% ou mais das variáveis sugeridas, o que indica falta de conhecimento sobre processos e indicadores de produção. Observou-se que essas empresas não realizam o monitoramento com uso direto dos indicadores encontrados na literatura e que apenas as variáveis que compõem os indicadores são medidas, há uma tentativa de controle dos processos, mas conhecimento para o monitoramento mais eficiente ainda é uma lacuna prática existente nas empresas.

5 CONCLUSÕES

Através de uma revisão de literatura e opinião de especialistas, os principais indicadores foram encontrados para avaliar a sinergia *Lean / Green* no setor cafeeiro. Foram encontrados dois indicadores que avaliam tanto práticas *Lean* quanto *Green*, o OEEE (*Overall Environmental Equipment Effectiveness*) e o CVE (*Carbon-Value Efficiency*).

Além dos indicadores, foi desenvolvido um questionário para encontrar outros itens relevantes. Observou-se que, embora este setor use práticas *Lean* e *Green* e controle variáveis importantes do processo de produção, ainda é necessário saber mais sobre esses sistemas de produção e sobre o uso de indicadores apropriados para este setor. Este estudo procurou apresentar suporte para desenvolver uma plataforma capaz de monitorar os indicadores *Lean* e *Green* no setor cafeeiro. Isso permitirá analisar a maturidade da sinergia *Lean / Green*, digitalizar informações e melhorar o fluxo interno de empresas.

AGRADECIMENTOS:

À Unisc pela concessão de bolsas e ao CNPq pela concessão da bolsa produtividade

REFERÊNCIAS

- BAE, J. W.; KIM, Y. W. Sustainable Value on construction projects and Lean construction. *Journal of Green Building*. v. 3, n. 1, p. 156-167, 2008.
- BARVE, A.; MUDULI, K. Modelling the challenges of Green supply chain Management practices in Indian mining industries. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 24, n. 8, p. 1102-1122, 2013.
- CALDERA, H. T. S.; DESHA, C.; DAWES, L. Exploring the role of Lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 2017.
- COSTA, Stefano et al. Indifferenza, sensibilità, compiutezza: una mappa della propensione alla trasformazione digitale nel sistema produttivo italiano. *Scienze Regionali*, v. 3, p. 439 – 458, 2021.
- DHINGRA, R.; KRESS, R.; UPRETI, G. Does Lean mean Green?. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 1-7, 2014.
- DIGALWAR, Abhijeet K.; TAGALPALLEWAR, Ashok R.; SUNNAPWAR, VivekK. Green Manufacturing performance measures: an empirical investigation from Indian Manufacturing industries. *Measuring Business Excellence*, v. 17, n. 4, p. 59-75, 2013.
- DOMINGO, Rosario; AGUADO, Sergio. Overall Environmental Equipment Effectiveness as a Metric of a Lean and Green Manufacturing System. *Sustainability*, v. 7, n. 7, p. 9031-9047, 2015.
- DORA, M.; VAN GOUBERGEN, D.; KUMAR, M.; MOLNAR, A.; GELLYNCK, X. Application of Lean practices in small and medium-sized food enterprises. *British Food Journal*, v. 116, n. 1, p. 125-141, 2014.
- DUMKE, DENISE; CALÁBRIA, MEDEIROS FELIPE ALVES. Aplicação da produção mais limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 109-128, Jan./Abr. 2007.
- FAULKNER, W.; BADURDEEN, F. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess Manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 8-18, 2014.
- FERRÁS-HERNÁNDEZ, Xavier. Rethinking Industry 4.0: is there life beyond manufacturing?. *International Journal of Business Environment*, v. 11, n. 4, p. 404-416, 2020.
- FERCOQ, A.; LAMOURI, S.; CARBONE, V. Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 567-578, 2016.
- GALEAZZO, Ambra; FURLAN, Andrea; VINELLI, Andrea. Lean and Green in action: interdependencies and performance of pollution prevention projects. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 191-200, 2014.
- GETZNER, Michael. The quantitative and qualitative impacts of Lean technologies on employment. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 4, p. 305-319, 2002.
- GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. *Production*, v. 5, n. 2, p. 169-189, 1995.

HUTCHINS, David. Just in time. Gower Publishing, Ltd., 1999.

JABBOUR, C. J. C.; DE SOUSA JABBOUR, A. B. L.; GOVINDAN, K.; TEIXEIRA, A. A.; FREITAS, W. R. S. Environmental Management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource Management and Lean Manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, v. 47, p. 129-140, 2013.

KAINUMA, Yasutaka; TAWARA, Nobuhiko. A multiple attribute utility theory approach to Lean and Green supply chain Management. *International Journal of Production Economics*, v. 101, n. 1, p. 99-108, 2006.

KURDVE, M.; SHAHBAZI, S.; WENDIN, M.; BENGTSSON, C.; WIKTORSSON, M. Waste flow mapping to improve sustainability of waste Management: a case study approach. *Journal of Cleaner Production*. v. 98, p. 304-315, 2015.

MOLLENKOPF, D.; STOLZE, H.; TATE, W. L.; UELTSCHY, M. Green, Lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 40, n. 1/2, p. 14-41, 2010.

NG, Ruisheng; LOW, Jonathan SzeChoong; SONG, Bin. Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric. *Journal of Cleaner Production*, v. 95, p. 242-255, 2015.

NUNES, Breno; BENNETT, David. Green operations initiatives in the automotive industry: An environmental reports analysis and benchmarking study. *Benchmarking: An International Journal*, v. 17, n. 3, p. 396-420, 2010.

PARVEEN, C. M.; KUMAR, A. P.; RAO, T. N. Integration of Lean and Green supply chain-Impact on Manufacturing firms in improving environmental efficiencies. In: *Green Technology and Environmental Conservation*. p. 143-147, 2011.

RAO, Purba. Greening production: A south-east Asian experience. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 24, n. 3, p. 289-320, 2004.

ROLO, A.; PIRES, A. R.; SARAIVA, M. Supply Chain as a Collaborative Virtual Network Based on LARG Strategy. In: *Proceedings of the Eighth International Conference on Management Science and Engineering Management*. p. 701-711, 2014.

SACHS, J. D. The age of sustainable development .Columbia University Press, 2015.

SCHNEIDER, Germar et al. A Training Concept Based on a Digital Twin for a Wafer Transportation System. In: *2021 IEEE 23rd Conference on Business Informatics (CBI)*. IEEE, 2021. p. 20-28.

SUGIMORI, Y; KUSONOKI, K.; CHO, F.; UCHIKAWA, S. Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *The International Journal of Production Research*, v. 15, n. 6, p. 553-564, 1977.

VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. *Journal of Cleaner Production*, v. 116, p. 150-156, 2016.

VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E.; REMITA, H. Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository. *Journal of Cleaner Production*, v. 85, p. 83-93, 2014.

ZHU, Qinghua; SARKIS, Joseph; LAI, Kee-hung. Confirmation of a measurement model for Green supply chain Management practices implementation. *International journal of production economics*, v. 111, n. 2, p. 261-273, 2008.

Capítulo 6



10.37423/220305600

IMPLANTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA (RIMAS) / SGB - CPRM: SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA - OESTE DO ESTADO DA BAHIA

Paulo Cesar Carvalho Machado Villar

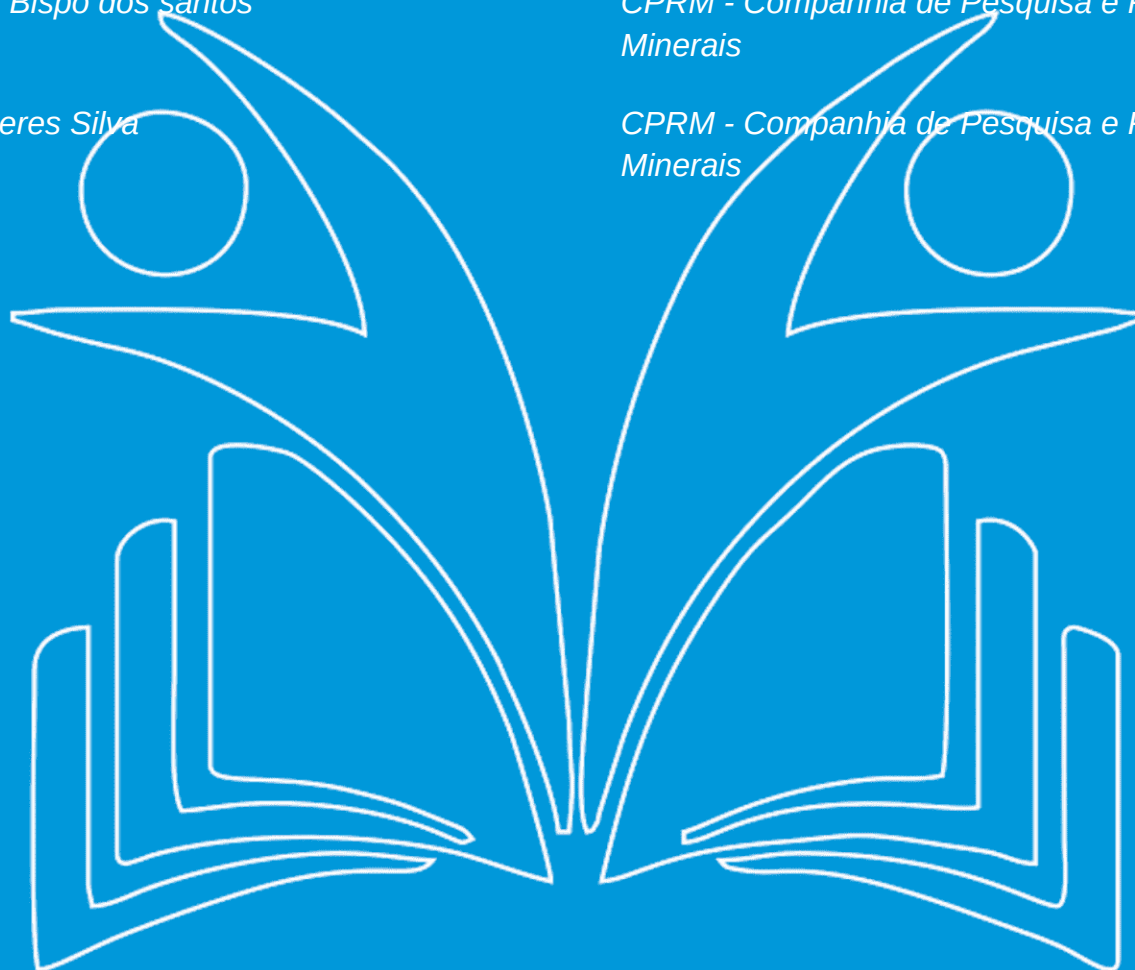
*CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos
Minerais*

Cristovaldo Bispo dos santos

*CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos
Minerais*

Cristiane Neres Silva

*CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos
Minerais*



Resumo: O Serviço Geológico do Brasil-SGB/CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, em consonância com suas atribuições, propôs e definiu as bases para um programa de implantação de rede de monitoramento integrado das águas subterrâneas, abrangendo os principais aquíferos do país. A estruturação do programa de monitoramento exige que seja feita uma caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação de dados existentes. Este trabalho apresenta a integração das informações para o aquífero Urucuia e constitui o estágio atual de conhecimento de suas características naturais, pressões percebidas e impactos identificados. A rede de monitoramento, de natureza fundamentalmente quantitativa, foi concebida tendo como principal objetivo o conhecimento mais detalhado a respeito dos aquíferos de modo a propiciar a médio e longo prazo: i) a identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos; ii) a estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo, iii) a avaliação da recarga e o estabelecimento do balanço hídrico; iv) informações do nível d'água, v) determinação de tendências de longo termo tanto como resultado de mudanças nas condições naturais quanto derivadas de atividades antropogênicas, etc.

Palavras-Chave: Aquífero, rede, monitoramento.

1. INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil-SGB/CPRM, empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, em consonância com suas atribuições, propôs e definiu as bases para um programa de implantação de rede de monitoramento integrado das águas subterrâneas (RIMAS), abrangendo os principais aquíferos livres do país.

A rede de monitoramento, de natureza fundamentalmente quantitativa, foi concebida tendo como principal objetivo o conhecimento mais detalhado a respeito dos aquíferos de modo a propiciar a médio e longo prazo: i) a identificação de impactos às águas subterrâneas em decorrência da exploração ou das formas de uso e ocupação dos terrenos, ii) a estimativa da disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo, iii) a avaliação da recarga e o estabelecimento do balanço hídrico; iv) informações do nível d'água, v) determinação de tendências de longo termo tanto como resultado de mudanças nas condições naturais quanto derivadas de atividades antropogênicas, etc.

Um dos principais aspectos do programa refere-se à proposição de um monitoramento integrado (águas subterrâneas e superficiais) em que o ambiente aquático é considerado de forma inteiramente interrelacionável e não fracionada nos diversos componentes. Um aspecto que favorece esta integração é o fato do SGB/CPRM ser responsável pela implantação e operação das redes nacionais de hidrometeorológicas, telemétricas, de qualidade de água e sedimentométricas da Agência Nacional de Águas – ANA, bem como monitoramento de níveis em açudes.

A estruturação do programa de monitoramento para o aquífero Urucuia e os demais, exige que seja feita uma caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação de dados pré-existentes. Além disso, considerando a integração com o monitoramento hidrometeorológico, serão incluídos, também, dados relativos às estações fluviométricas e pluviométricas existentes no domínio do aquífero, além de estudos hidrológicos e climatológicos realizados na região do oeste baiano.

A reunião e interpretação dessas informações visam subsidiar a seleção dos locais para monitoramento, bem como a avaliação da viabilidade de emprego dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas para interpretação dos resultados do monitoramento quanto à representatividade do aquífero nas bacias hidrográficas monitoradas.

O diagnóstico preliminar apresenta a integração das informações para o aquífero Urucuia, e constitui o estágio atual de conhecimento de suas características naturais, pressões percebidas e impactos

identificados. Como resultados da análise dessas informações são apresentadas as principais demandas ao monitoramento e promovida a configuração da rede de monitoramento para o aquífero. Devido ausência de trabalhos específicos sobre o Aquífero Urucuia como um Sistema Único e divergências nos estudos já existentes, levando-se em consideração a existência de características hidrogeológicas diferenciadas entre aquíferos inter-relacionados dentro do sistema maior, de dimensão regional, e pela existência de estudos isolados de algumas de suas bacias principais, foi tomada como referencia, para este estudo diagnóstico, as informações contidas nos estudos de Gaspar (2006) e órgãos gestores.

2 – O SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA – BACIA SANFRANCISCANA

O termo Sistema Aquífero Urucuia é proposto como denominação para o conjunto de aquíferos que ocorrem no domínio do Grupo Urucuia, abrangendo a sub-bacia Urucuia definida por Campos & Dardenne (1997), como a parte setentrional da compartimentação da bacia Sanfranciscana, que corresponde à maior parte da cobertura fanerozoica do Cráton do São Francisco.

Esse sistema enquadra-se na província hidrogeológica São Francisco, é do tipo intergranular, composto por uma unidade geológica sedimentar, disposta na forma de um espesso tabuleiro, constituída de quartzos arenitos e arenitos feldspáticos eólicos, bem selecionados, com presença de níveis silicificados, e em menor proporção níveis conglomeráticos (Figura 1).

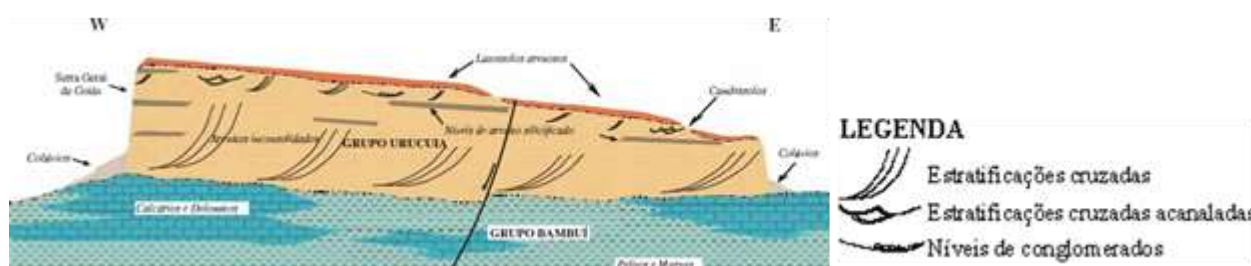


Figura 1 - Perfil leste-oeste esquemático do contexto geológico do Sistema Aquífero Urucuia no oeste da Bahia.

Em quase toda a sua extensão o Sistema Aquífero Urucuia está mapeado como sobreposto ao conjunto de rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí, nos estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais (Figura 2), o qual constitui o sistema cárstico-fissural Bambuí. Na parte norte repousa sobre rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba, e também diretamente sobre o embasamento granito-gnáissico, as quais compõem respectivamente os sistemas aquíferos Poti-Piauí/Serra Grande/Cabeças e Cristalino.

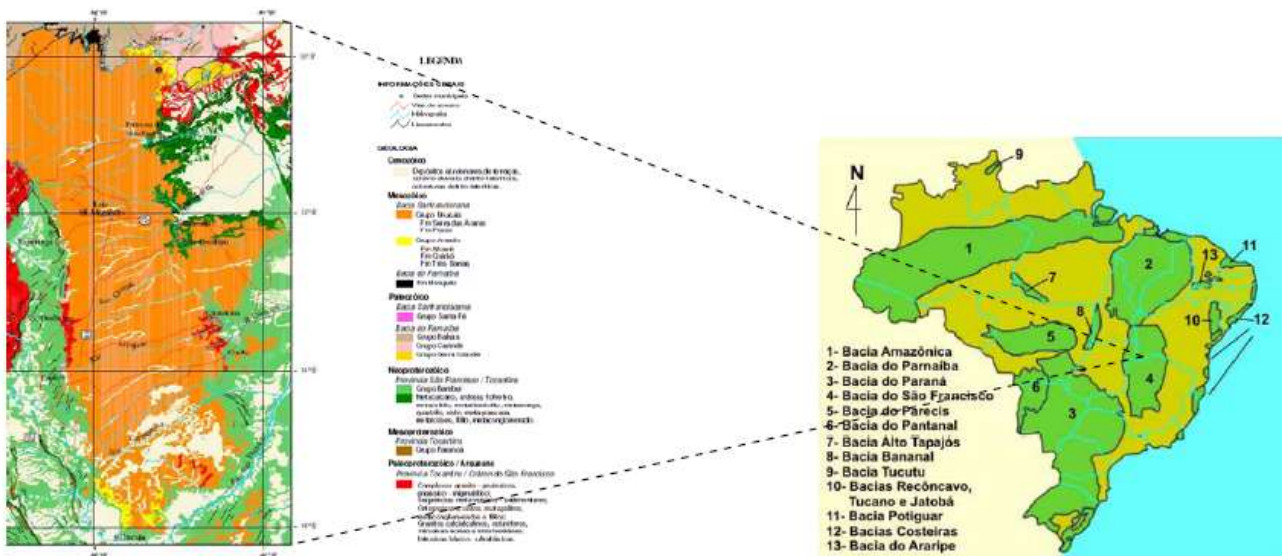


Figura 2 – Distribuição das bacias sedimentares (em verde) e dos domínios cristalinos (fissurados – em amarelo).

2.1- LOCALIZAÇÃO

O Sistema Aquífero Urucuia ocorre principalmente na região do oeste do estado da Bahia, estendendo-se desde o extremo sul do Maranhão e Piauí, até o extremo noroeste de Minas Gerais. Seus limites meridionais são balizados a oeste pelo limite da Serra Geral de Goiás, desde a região nordeste de Goiás até o sudeste de Tocantins; e, a leste na altura das sedes dos municípios de Barreiras (BA), Correntina (BA), Cocos (BA), Formosa do Rio Preto (BA) e Gilbués (PI) (Figura 3).

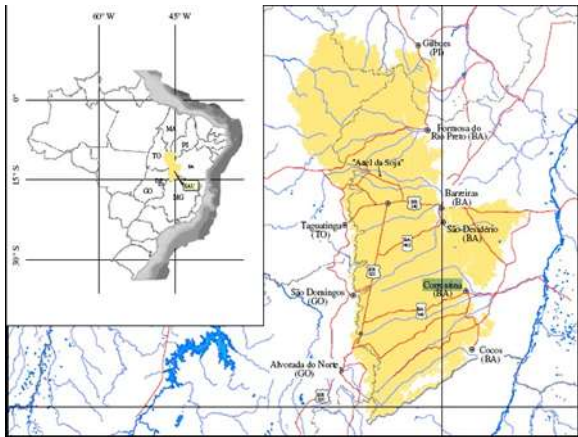


Figura 3 - Mapa de localização do Sistema Aquífero Urucuia.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Segundo Gaspar (2006), o Sistema Aquífero Urucuia representa o principal manancial subterrâneo do oeste baiano. Sua importância estratégica remete-se, não somente pelas crescentes demandas de água, mas também pela sua função de regulador das vazões dos afluentes da margem esquerda do médio rio São Francisco; e pela alimentação de nascentes de tributários da margem direita do rio Tocantins, na borda ocidental da Serra Geral de Goiás.

Apesar de sua importância, os estudos realizados no âmbito desse aquífero têm enfoque local, tendo sido desenvolvidos pela Secretaria de Recursos Hídricos – SRH (BA) e a Universidade Federal da Bahia – UFBA em bacias hidrográficas específicas. Esses estudos pilotos buscaram obter informações técnicas que servissem de base para a concessão de outorgas e com isso racionalizar o uso da água para irrigação. Esses estudos apresentam informações sobre a qualidade de água, hidrogeologia e estudos hidrológicos (Aquino et al. 2002; Aquino et al. 2003, Santana et al. 2002, Silva et al. 2002, Ramos & Silva 2002).

A ocupação dessa região consistiu de uma progressiva e sistemática supressão do Cerrado, em detrimento da instalação de extensas lavouras de monoculturas. Esse quadro de ocupação e manejo do solo levanta preocupação com relação à sustentabilidade da área de recarga do Sistema Aquífero Urucuia (SAU). Desta forma, este diagnóstico busca apresentar os resultados de uma pesquisa de caráter regional no sistema, com a caracterização dos subtipos de aquíferos existentes no sistema, seus parâmetros hidrodinâmicos, espessuras, áreas de distribuição e estimativas de reservas hídricas totais.

2.3– ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

A área de abrangência do Sistema Aquífero Urucuia inclui a mesma área de extensão das rochas do Grupo Urucuia. Esta porção da Bacia Sanfranciscana representa a maior expressão em volume e área contínua, que ocorre no oeste da Bahia, correspondendo a toda sua porção de arenitos a norte do rio Carinhanha, visto que ao sul as ocorrências das rochas do Grupo Urucuia são descontínuas e menos espessas. Esse montante corresponderia a aproximadamente 86.000 km². No entanto, a área efetiva do sistema aquífero, corresponde àquela onde a unidade aquífera, desempenha as funções armazenadora, reguladora e filtro, e nesse caso a poligonal é sensivelmente menor que a extensão total da unidade geológica.

A delimitação proposta como área efetiva do sistema, exclui regiões onde não há armazenamento de água na unidade ou esse armazenamento é muito restrito, de forma que não há o desempenho da função reguladora das vazões das drenagens superficiais ou não há o desempenho da função reservatório. Essa área estende-se por cerca de 76.000 km² na região do oeste da Bahia e sudeste do Tocantins (Figura 4).

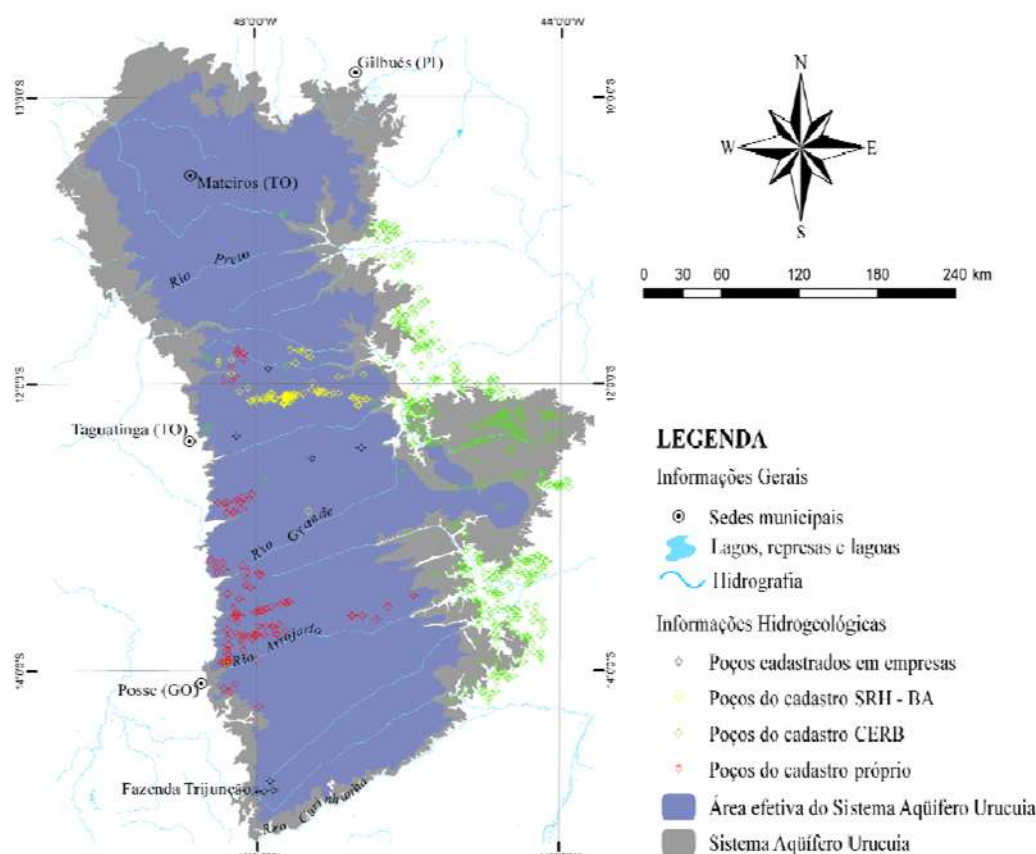


Figura 4 - Área efetiva do Sistema Aquífero Urucuia, com representação dos poços do cadastro utilizados nesta pesquisa.

ÁREA PILOTO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO

Os procedimentos e metodologia utilizados para a definição da área piloto incluíram: delimitação da área do aquífero por meio da avaliação do mapa geológico da região; obtenção dos parâmetros hidrodinâmicos e condições de fluxo por meio da avaliação de perfis de poços tubulares profundos, ensaios de bombeamento; estimativa da espessura das rochas por intermédio de levantamento geofísico preliminar; determinação da espessura saturada estimada com base nos resultados da pesquisa de Amorim Junior (2003), realizados na região, e avaliação das condições da área de recarga do sistema aquífero, a partir dos diferentes tipos de solos e formas de ocupação da superfície.

3.1 – A REDE DE MONITORAMENTO PROJETADA PARA O SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA

Para o “Projeto de Rede Básica Nacional de Monitoramento Integrado das Águas Subterrâneas” (RIMAS), estão previstas para esta primeira fase a perfurações de poços visando o monitoramento do aquífero Urucuia. Os poços deverão estar posicionados, preferencialmente, próximo ou dentro de uma Estação da Rede Hidrometeorológica Nacional da ANA, operadas pela CPRM, devido aos fatores de segurança e pela importância na interpretação dos dados de níveis de água subterrânea obtidos com os valores de precipitação.

A Figura 5 mostra a área de afloramento do Sistema Urucuia, as Estações da Rede Hidrometeorológica, os Poços do SIAGAS, Poços de Monitoramento projetados, e as bacias definidas para implantação da área piloto.

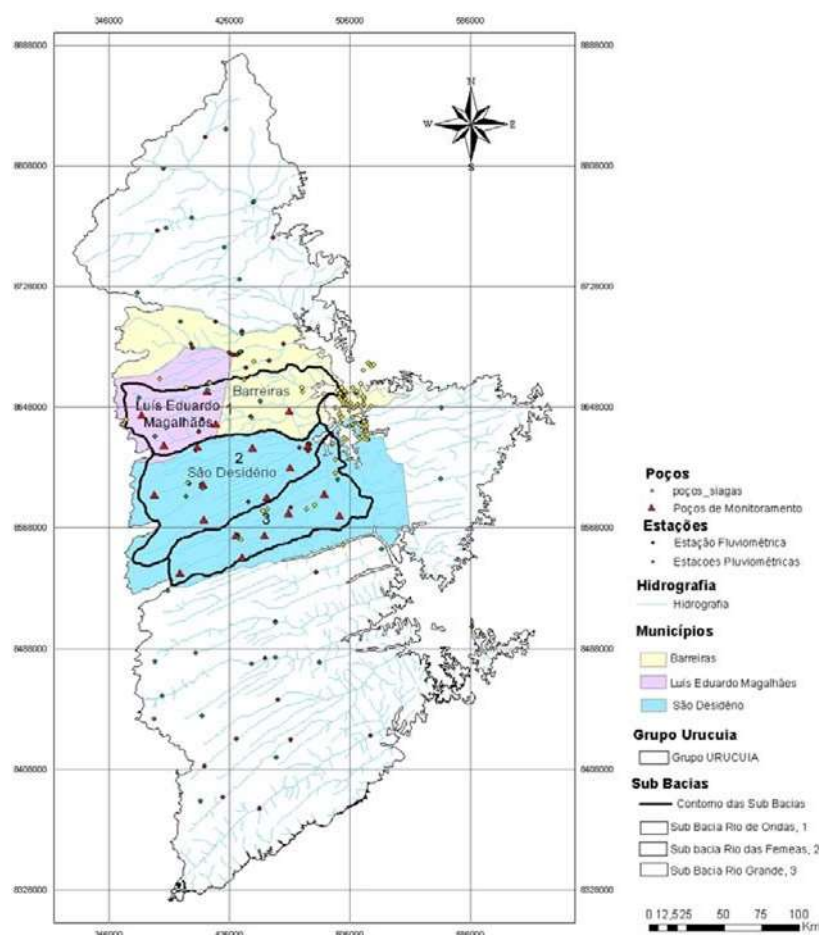


Figura 5 – Área piloto para implantação da rede de monitoramento no Sistema Aquífero Urucuia.

Os pontos (locações), previamente selecionados, segundo critérios adotados para a rede de monitoramento, serão visitados pela equipe executora do projeto e analisadas suas condições de

segurança, posicionamento geológico e aspectos hidrogeológicos, para que se possa proceder às perfurações dos poços de monitoramento.

Segundo dados cadastrados para o Projeto Pesquisa Hidrogeológica das Bacias Sedimentares do Nordeste - Aquífero Urucuia, CPRM (no prelo), nas sub-bacias dos rios Arrojado e Formoso, através dos 25 poços selecionados e monitorados, foi possível obter uma média para os dados hidrológicos dos poços, cujos valores médios mostramos a seguir: Profundidade = 128 m; NE = 53,72m e Q = 21,36 m³/h. Estas informações, entre outras, de poços localizados nas outras sub-bacias do SAU foram utilizadas na elaboração dos projetos de perfuração dos poços de monitoramento.

5– CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos é fundamental para definir qualquer situação no planejamento e gestão das águas. Para a implantação de monitoramento de águas subterrâneas é necessário que haja uma estrutura de caracterização hidrogeológica a partir da integração, análise e interpretação dos dados existentes e ampla pesquisa bibliográfica.

De posse das futuras informações obtidas através da RIMAS, espera-se, dentre outros benefícios, contribuir para a avaliação qualitativa da exploração de água subterrânea no sistema aquífero, para estimativa das reservas e de parâmetros hidráulicos, bem como para avaliação da qualidade da água.

6– REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM JUNIOR, V. 2(003). Avaliação Hidrogeológica do aquífero Urucuia na Bacia do rio das Fêmeas usando IP-Resistividade. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 82 p.

AQUINO, R.F. de; NASCIMENTO, K.R.F.; RODRIGUES, Z.R.; VIEIRA, C.; MAIA, P.H.P.;

COSTA, A.B. (2003). Caracterização hidrogeoquímica e isotópica das águas superficiais e subterrâneas do oeste baiano, Bacia do rio das Fêmeas - Bahia. In: ABRH, Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, Curitiba, CD-ROM.

AQUINO, R.F. de; SILV, F.F.; SCHUSTE, R H.D.M.; BATISTA, L.H. G; URASAKI, F.Y.A.

(2002). Aspectos Hidroquímicos e da Qualidade da Água Superficial e Subterrânea do Oeste Baiano, Sub-Bacia do rio dos Cachorros - Bahia. In: ABRH, Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 6, Maceió, CD-ROM.

CAMPOS, J.E.G.; DARDENNE, M.A. (1997). Estratigrafia e sedimentação da bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. RBG 27(3):269-282

GASPAR, M.T.P. (2006). Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 2006. 158 p.

RAMOS, A.M.; SILVA, F.F. (2002). Contribuição dos Mananciais Superficiais do Estado da Bahia para o Rio São Francisco. In: ABRH, Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 6, Maceió, CD- ROM.

SANTANA A.G. de; CARDOSO E.R.; SILVA F.F. da; PEREIRA J.S. (2002). Metodologia para

Controle das Outorgas de Direito de Uso da Água em Bacias Hidrográficas. In: ABRH, Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 6, Maceió, CD-ROM.

SILVA, F.F.; NETO, A.V.L; SANTANA, A.G. de; RIBEIRO, C.A.O. (2002). Estudos de Casos na

Estimativa da Vazão de Referência para Outorga do Direito de Uso da Água no Estado da Bahia. In: ABRH, Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 6, Maceió, CD-ROM.

Capítulo 7



10.37423/220305604

TRATAMENTO DE CHORUME EM REATOR DE LUZ ARTIFICIAL BRANCA UTILIZANDO O PROCESSO FOTO FENTON LIKE

Geraldo Martins Rodrigues Filho

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte
– UFRN*

Otidene Rossiter Sá da Rocha

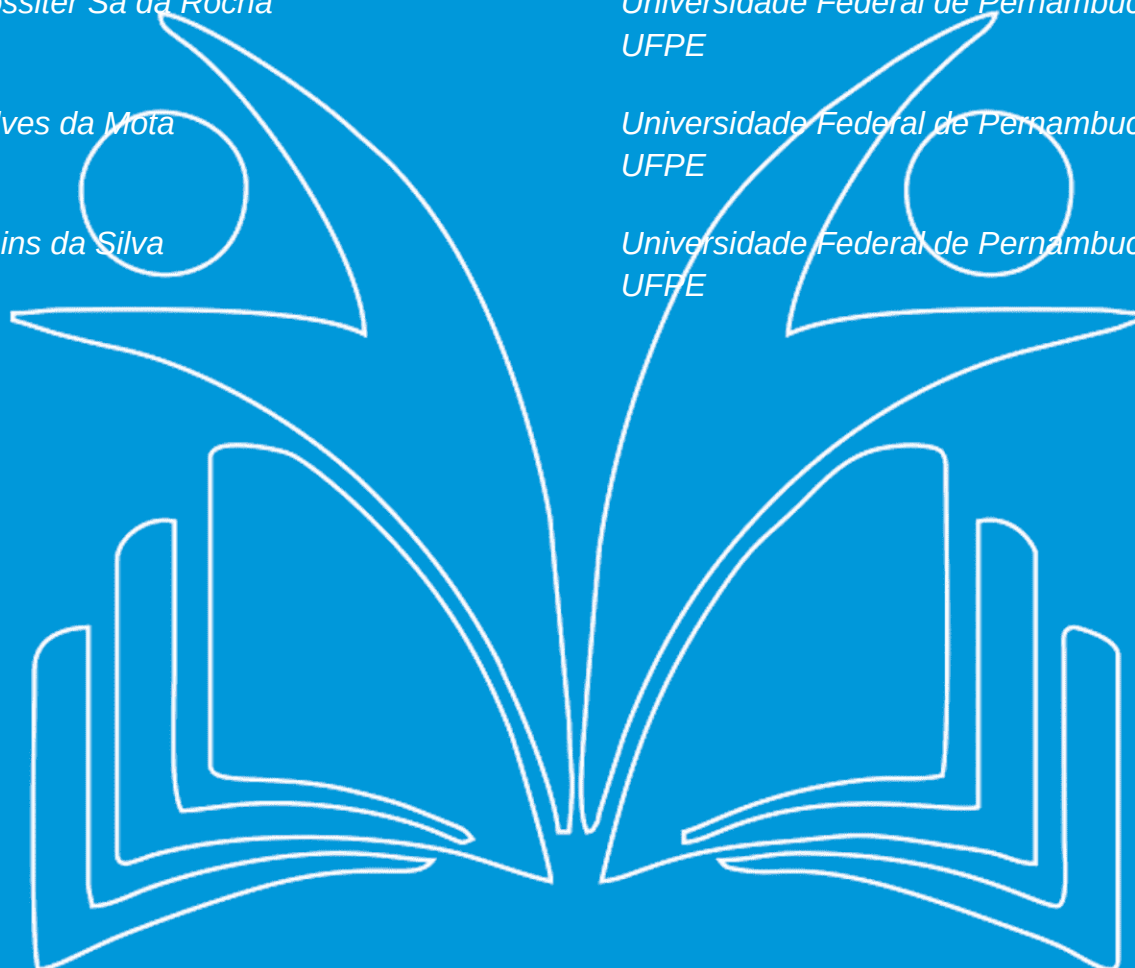
*Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE*

Maurício Alves da Mota

*Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE*

Valdinete Lins da Silva

*Universidade Federal de Pernambuco –
UFPE*



Resumo: O crescimento urbano vem provocando o aumento da geração de resíduos sólidos. A decomposição desses resíduos gera um líquido lixiviado denominado chorume que necessita de um tratamento adequado antes de seu lançamento no corpo receptor. Este trabalho utiliza um Processo Oxidativo Avançado como etapa de pré-tratamento de chorume, o sistema Foto-Fenton Like com uso de luz artificial branca. Para avaliar a eficiência do processo realizou-se um planejamento fatorial 2^3 e as variáveis estudadas foram: quantidade de H_2O_2 57% (0,5 e 1,0 mL), pH (1 e 3) e tempo (2 e 4 h). As comparações das determinações de Carbono Orgânico Total (COT), antes e após a fotodegradação permitiram obter-se a eficiência do processo. A remoção de COT atingiu 51% nos experimentos do planejamento fatorial estudado conferindo ao método viabilidade como pré-tratamento de chorume, a ser complementado com um tratamento biológico.

Palavras-chave: chorume; foto-fenton; lixiviados.

1. INTRODUÇÃO.

O lixiviado gerado nos aterros sanitários e locais de disposição, denominado chorume, apresenta grande variabilidade em sua composição química dependendo de vários fatores como condições geológicas locais e eventos climáticos diversos (Silva, 2002).

O chorume pode apresentar altas concentrações de poluentes tóxicos, como metais pesados, microrganismos patogênicos e orgânicos e sua destinação incorreta pode colocar em risco a saúde pública, sendo necessário seu tratamento adequado (Alves e Lange, 2004).

O tipo de tratamento dependerá, em primeiro lugar, das características do aterro e, em segundo lugar, da sua localização física e geográfica (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

De acordo com Ferreira *et al.*, (2001), entre os principais processos utilizados para tratamento de lixiviado, estão: tratamento biológico (aeróbio e anaeróbio), processos de separação com membranas, osmose reversa, processos oxidativos, processo eletroquímico e sistemas naturais.

Uma grande variedade de processos físicos, químicos e biológicos é empregada no tratamento dos diversos tipos de efluentes. Segundo Acddacg e Sponza, (2005) e Sarria *et al.*, (2002) a grande aplicação de processos biológicos é devido principalmente aos aspectos econômicos e técnicos. Entretanto, alguns contaminantes encontrados nos efluentes são recalcitrantes para os processos comumente utilizados nos sistemas de tratamento.

Nos últimos anos, os processos oxidativos avançados (POA) têm sido considerados como uma excelente alternativa para o tratamento de resíduos com as características como as apresentadas pelo lixiviado. Esses processos são baseados na geração do radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), um poderoso e altamente reativo oxidante, o qual pode promover a degradação de inúmeros poluentes, em tempos bastante reduzidos (Pacheco e Zamora, 2004).

O objetivo deste trabalho foi comparar a remoção de matéria orgânica do percolato de aterros sanitários através da utilização de Processos Oxidativos Avançados (POA), como etapa de pré-tratamento. Foi estudado o sistema Foto Fenton Like com uso de luz artificial branca.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O lixiviado é formado pela infiltração da água das chuvas e pela degradação de compostos que percolam pela massa de lixo, carreando materiais dissolvidos ou suspensos, ou seja, ocorre a transformação dos resíduos em um líquido com elementos químicos em solução proveniente da

digestão anaeróbia da matéria orgânica por ação das exoenzimas produzidas pelas bactérias. As condições de pluviometria, a quantidade e composição gravimétrica dos resíduos, a forma de cobertura do aterro, entre outros, são fatores que influenciam diretamente a geração e o tratamento de percolados (Rodrigues Filho, 2007).

O lixiviado percola através de subcamadas da base do aterro e muitos dos componentes químicos e biológicos contidos originariamente podem ser removidos pela ação de filtração e adsorção do subsolo. Assim, este lixiviado deve ser tratado em sistemas específicos e seu projeto envolve: seleção do tipo de sistema de impermeabilização, concepção de redes de drenagem interna e projeto de instalações para remoção, coleta e retenção (Hamada e Matsunaga, 2000).

De acordo Oliveira e Pascal (2000) citado em Lins (2003), os resíduos sólidos, inicialmente, agem como uma esponja e simplesmente absorvem a água; entretanto, o material atinge um teor de umidade conhecida como capacidade de campo ou de retenção. Eles afirmam ainda, que qualquer acréscimo de água, resulta na percolação de igual quantidade de massa e que alguma percolação poderá se formar antes de atingida a capacidade de campo, uma vez que os resíduos, não sendo homogêneos, apresentam canais e alguns destes não absorvem a água prontamente.

Russo e Vieira, (2000) afirmam que, sendo o lixiviado um efluente particular, fatores como o local, a característica dos resíduos depositados, o tamanho das partículas, o clima, o método de exploração, o tipo e a qualidade das infra-estruturas de drenagem e impermeabilização influenciam e afetam as características quantitativas e qualitativas dos lixiviados. Estes autores dizem ainda que o conhecimento dessas características é de vital importância para definição de estratégias de gestão e procedimento de tratamento a serem adotados em projetos.

Segato e Silva (2000) dizem que as cargas contaminantes dos lixiviados se compõem de muitas substâncias, entre as quais se podem destacar: substâncias orgânicas; nitrogênio em todas as suas formas; metais e os halogênios inorgânicos, carbonatos, cloretos, sulfatos, entre outros.

Os problemas relacionados às características físico-químicas e biológicas e variação da composição de lixiviados de aterros sanitários, faz necessário a busca de alternativas de tratamento eficientes dentro de um padrão de sustentabilidade técnica e econômica.

Os Processos Oxidativos Avançados (POA) são tecnologias extremamente eficientes para destruição de compostos orgânicos de difícil degradação e, muitas vezes, presentes em baixas concentrações. Podem ser consideradas tecnologias limpas, pois não há a formação de subprodutos sólidos e nem a

transferência de fase dos poluentes (Dezotti, 2003). Os POA são baseados na formação desses radicais hidroxila ($\bullet\text{OH}$) e estão sendo utilizados para o tratamento de diversos tipos de efluentes sendo bastante promissores, pois resultam produtos finais mineralizados (Rocha, 2007).

Os POA podem ser utilizados como pré-tratamento de um processo biológico para destruição de contaminantes resistentes a biodegradação, ou após o tratamento biológico para melhoria da qualidade do efluente final antes de ser despejado em corpos receptores (Domènech *et al.* 2001). Entre os POA, os sistemas combinados UV/TiO₂/H₂O₂ e UV/Fe²⁺/H₂O₂ são considerados por alguns autores como os mais promissores para a remediação de águas contaminadas (Schrack, 2003).

3. METODOLOGIA

O chorume utilizado neste trabalho foi coletado no lixão da Muribeca, Jaboatão dos Guararapes-PE. As coletas foram realizadas na entrada da Lagoa de Decantação – LD, localizada no início da Estação de Tratamento de Lixiviado, no dia 06 de março de 2006, com amostragem aleatória em 01 (ponto) ponto distinto.

Os reagentes foram de grau analítico, com exceção do peróxido de hidrogênio 53%. As soluções foram preparadas com água destilada de condutividade 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O chorume apresentava pH em torno de 8,0 e foi acidificado com ácido sulfúrico 0,1 mol/L até atingir pH 1,0, promovendo assim a precipitação dos ácidos húmicos que após 30 minutos foram filtrados, em seguida foram submetidos ao processo POA, foto-fenton-like, utilizando reator contendo três lâmpadas fluorescentes brancas de 20 W cada uma, conforme Planejamento fatorial descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Variáveis e níveis estudados no planejamento fatorial 2³

Variáveis	Níveis		
	Inferior (-)	Central (0)	Superior (+)
H ₂ O ₂ (mL)	0,5	0,75	1,0
Tempo (h)	2	3	4
PH	1	2	3

Os ensaios foram realizados em ordem aleatória, com o objetivo de se obter uma estimativa do erro experimental puro, colocando-se em contato 50 mL da amostra de lixiviado, com o volume de peróxido correspondente, nas condições definidas pelo planejamento experimental. A resposta estudada foi a quantidade de matéria orgânica degradada em mg/L de lixiviado.

As comparações das determinações de remoção do COT após a fotodegradação, permitiram obter-se a eficiência do processo.

As determinações de COT foram realizadas no equipamento TOC 500 da Shimadzu. Inicialmente determina-se o Carbono Total (CT) da amostra após a injeção em um forno a 680°C contendo um catalisador. O CO₂ liberado na combustão é quantificado por absorção em infravermelho não dispersivo. Em seguida quantifica-se o conteúdo de Carbono Inorgânico (CI), proveniente de carbonatos e bicarbonatos, acidificando-se a amostra. O CO₂ liberado é medido da mesma forma que o CT. O COT da amostra é calculado por diferença entre o conteúdo de CT e CI.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O chorume apresentou 7,67 mg/L de ferro não sendo necessária à adição de ferro para a realização da reação Foto-Fenton.

A remoção de COT nos experimentos do planejamento experimental estudado variou de 5% a 51%.

Os efeitos das variáveis do planejamento fatorial estudado foram calculados com o software Statistica for Windows 6.0 (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeitos principais e de interação calculados para o planejamento fatorial 2³ com seus respectivos erros padrões.

Efeitos	Resultados
Efeitos principais:	
H ₂ O ₂	3,59 ± 0,53
Tempo (T)	25,64 ± 0,53
pH	-10,34 ± 0,53
Interação de dois fatores:	
H ₂ O ₂ x T	3,24 ± 0,53
H ₂ O ₂ x pH	-2,94 ± 0,53
T x pH	-4,69 ± 0,53
Interação de três fatores:	
H ₂ O ₂ x T x pH	-6,09 ± 0,53

Os efeitos cujos valores absolutos excedem 2,28 foram considerados estatisticamente significantes para um nível de 95% de confiança (Barros Neto *et al.* 2007).

A melhor visualização dos resultados encontra-se na Figura 1 com a Carta de Pareto. Todos os valores que aparecem na carta de Pareto que se situem à direita do valor P de 0,05 são de elevada significância estatística ou estatisticamente significantes.

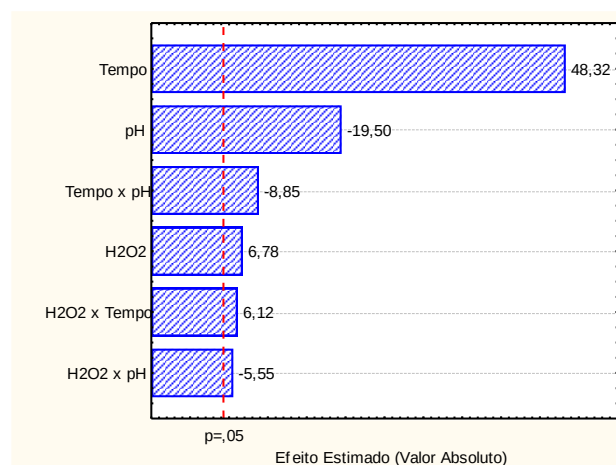


Figura 1- Carta de Pareto dos valores dos efeitos das variáveis utilizando como resposta a redução de TOC em reator de luz branca.

Pode-se observar que todos os efeitos foram estatisticamente significantes. Entretanto o efeito com maior significância estatística foi o da variável Tempo. A medida que o pH sai do mínimo para o máximo reduz a capacidade de degradação o que pode ser confirmado pelos efeitos de interação negativas.

A maior taxa de remoção de COT, 51%, foi obtida para o ensaio realizado com 1 mL de H₂O₂, pH 1 e 4 horas de exposição à luz artificial branca.

5. CONCLUSÃO.

O alcance do percentual de redução de COT em 51% confere ao método a viabilidade técnica para o tratamento de lixiviado, visto que se trata de um pré-tratamento a ser complementado com um tratamento biológico.

6. AGRADECIMENTOS

UFPE, UFRN, CNPq, CAPES e FACEPE.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, J. F.; LANGE, L. C. Avaliação da eficiência de remoção de material orgânica de líquidos lixiviados de aterros sanitários utilizando reagente de fenton. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6, 2004, Taormina. Anais do VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. p. 1-9
- ACGDACG, O.N. E SPONZA, D.T.,2005, Anaerobic/aerobic treatment of municipal landfill leachate in sequential two-stage up-flow anaerobic sludge blanket reactor (UASB)/completely stirred tank reactor (CSTR) systems. *Process Biochem.*, v. 40, p. 895–902.
- BARROS NETO, B., SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria, 3a edição, Campinas/SP: Unicamp, 2007. 480 p.
- DEZOTTI, M. Apostila do Curso da Escola Piloto: Técnicas de Controle Ambiental em efluentes líquidos – Processos Oxidativos Avançados. Escola Piloto Virtual, PEQ, COPPE,UFRJ, 2003.
- DOMÈNECH, X.; JARDIM, W.F.; LITTER, M.I. Procesos Avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. In: CYTED. Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogênea, 2001.
- FERREIRA, J. A.; GIORDANO, G.; RITTER, E.; ROSSO, T. C. de A.; CAMPOS, J. C.; LIMA, P. Z. M. Uma revisão das técnicas de tratamento de lixiviado e a realidade do Estado do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. Anais do 210 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- HAMADA, J.; MATSUNAGA, I. Concepção do sistema de tratamento de lixiviado para o aterro sanitário de ilhéus - BA In: SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9,2000, Porto Seguro. CD Rom.
- LINS, E. A. M. A utilização da capacidade de campo na estimativa do lixiviado gerado no aterro da Muribeca. 2003. 142f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- PACHECO, J.; PERALTA-ZAMORA, P. Integração de processos físico-químicos e oxidativos avançados para remediação de percolato de aterros sanitários (lixiviado), *Eng. Sant. Ambient.*, v. 9, p. 306-311, 2004.
- ROCHA, O. R. S. Tratamento de borra de petróleo utilizando Processos Oxidativos Avançados. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.
- RODRIGUES FILHO, G. M. Desenvolvimento de processos oxidativos avançados para tratamento de lixiviado do aterro sanitário da muribeca (PE). 2007. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- RUSSO, T.; VIEIRA, J. M. P. Estudos sobre tratamento de lixiviados de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. In: SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro. CD Rom.

SARRIA, V., PARRA, S., ADLER, N., PÉRINGER, P., BENITEZ, N. E PULGARIN, C., 2002, Recent developments in the coupling of photoassisted and aerobic biological processes for the treatment of biorecalcitrant compounds, *Catal. Today*, v. 76, p. 301–315.

SCHRANK, S. G. Tratamento de efluentes da indústria de couros através de processos avançados de oxidação. 2003. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

SEGATO, L. M.; SILVA, C. L. Caracterização do Lixiviado do Aterro Sanitário de Bauru. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Porto Alegre. Anais- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD rom.

SILVA, A. C. Tratamento do lixiviado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto e tratado. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGILI, S. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering.1993.ISBN 0-07-063237-5.

Capítulo 8



10.37423/220305642

SOFTWARE PARA DETERMINAÇÃO DO CONCENTRADOR DE TENSÕES EM JUNTAS SOLDADAS

Marcos Antonio Souza do Nascimento Segundo

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco*

Rodrigo Yoshio Ferreira Hiramine

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco*

José Dásio de Lira Junior

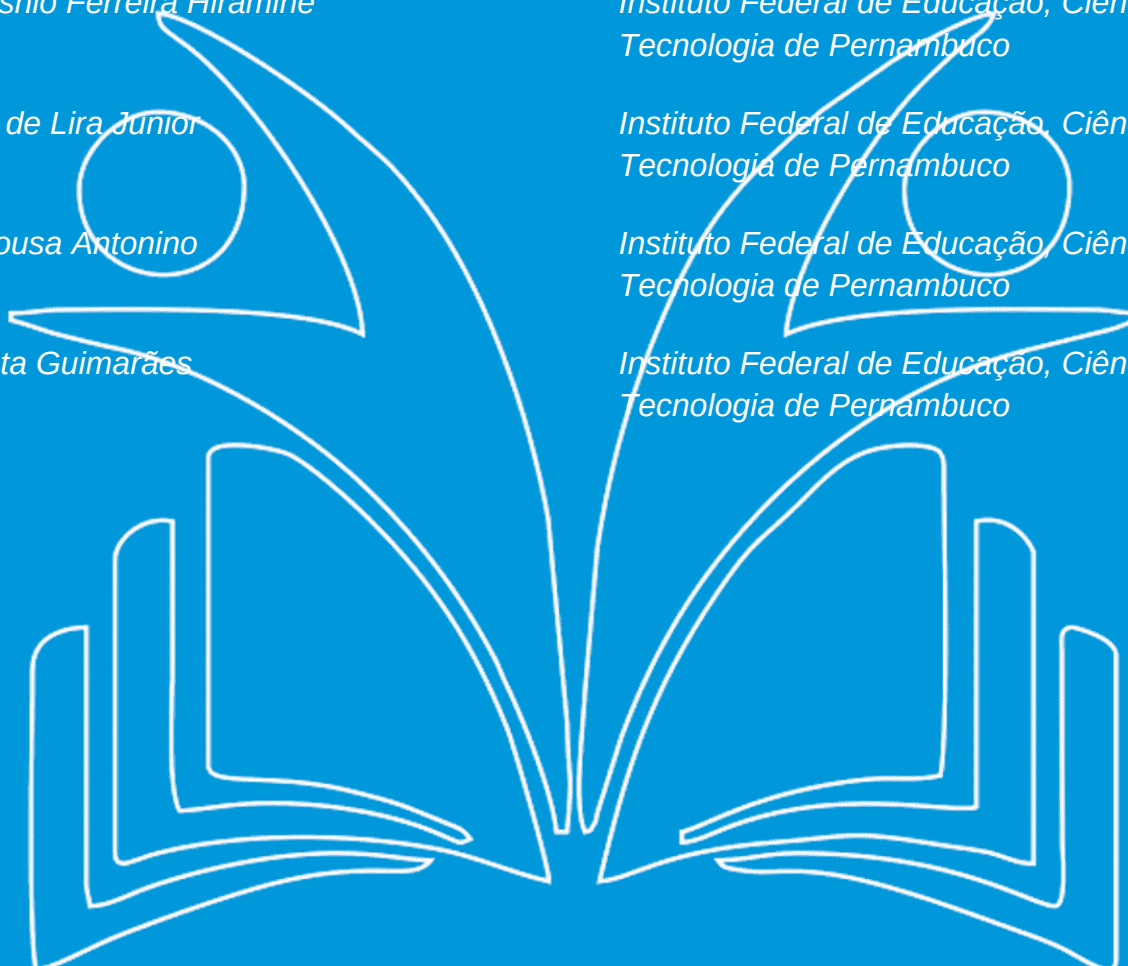
*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco*

Tiago de Sousa Antonino

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco*

Pablo Batista Guimarães

*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco*



Resumo: O principal processo para unir peças metálicas e não metálicas na indústria é a soldagem. Esse processo industrial surgiu no final do século XVIII com a soldagem por arco elétrico, utilizando um eletrodo de grafite e posteriormente foi substituído por um arame metálico. Hoje o arco elétrico é o processo de soldagem mais popular nas indústrias, ele é utilizado tanto para unir quanto para recuperar e cortar peças, essa popularidade é dada devido a facilidade no controle, baixo custo e boa concentração de energia para a fusão localizada. Apesar, de ser um processo simples, a soldagem envolve uma série de equações complexas. Por exemplo, determinar a tensão normal em uma peça sem nenhum concentrador de tensão (sem furos, solda, entre outros...) é relativamente fácil, mas quando essa peça conta com alguma descontinuidade geométricas há um fator de concentrador de tensão que precisa ser considerado no cálculo, tornando bem mais complexo obter essa tensão. As tensões em uma junta soldada pode ser determinada analiticamente ou numericamente via elementos finitos. Sendo assim, um dos objetivos desse trabalho foi a criar o programa computacional SCFW SOFTWARE, desenvolvido no âmbito desta pesquisa, para facilitar o cálculo dessas tensões analiticamente. A resolução das equações é realizada através de um programa criado na linguagem Matrix Laboratory (MATLAB), um software interativo de alta performance voltado para computação matemática e cálculo numérico. O software consiste em uma interface gráfica com 4 (quatro) equações: fator de concentrador de tensão (em junta de topo e em ângulo), tensão normal e força máxima suportada numa junta de topo soldada considerando o fator de concentrador de tensão.

Palavras-Chave: Soldagem; Arco elétrico; Software; Concentrador de Tensão;

INTRODUÇÃO

As tensões de uma junta soldada podem ser determinadas analiticamente ou numericamente via elementos finitos a partir do campo de temperatura gerado durante a soldagem. Dimensionar corretamente uma junta soldada sobre estruturas pode evitar falhas, além de reduzir significativamente o custo de um projeto. (GUIMARÃES,2011; ROSENTHAL,1941)

Este trabalho teve o objetivo de utilizar métodos analíticos para calcular tensões normais e concentradores de tensão geradas pela soldagem em juntas utilizando os processos a arco elétrico para amenizar custos e aumentar a segurança em projetos e além disso, criar o programa computacional SCFW Software, visando otimizar o processo de soldagem na indústria.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A soldagem é um processo industrial definido como uma operação para unir duas ou mais peças produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e de material de adição ou também para realizar deposição de material sobre uma superfície, visando a recuperação de peças desgastadas ou a formação de um revestimento com características especiais. Sendo o processo mais importante de união de peças utilizado na indústria hoje, a soldagem é usada desde a fabricação de estruturas simples, como portões e grades até a fabricação de grandes estruturas e equipamentos, como navios, aviões e pontes. (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2017).

Hoje, no mercado há uma variedade muito grande de processos de soldagem, os de maior importância industrial são os que usam como fonte de energia o arco elétrico, por exemplo, Soldagem com Eletrodo Revestido, MIG/MAG e TIG. Essa importância é devido a facilidade de controle, baixo custo e boa concentração de energia para fusão localizada.

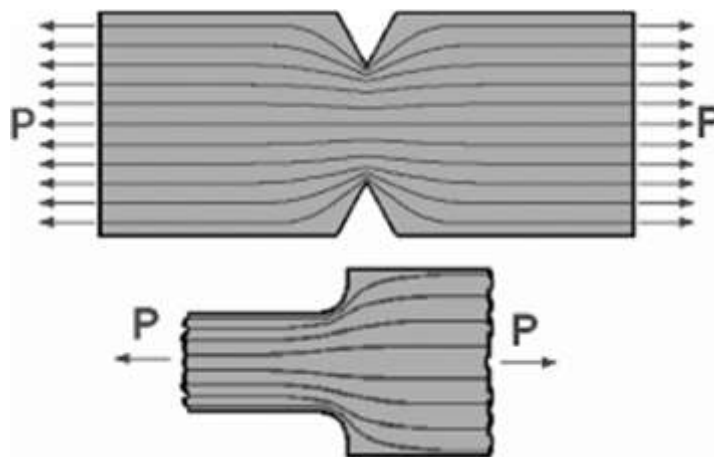
A soldagem por fusão busca garantir a fusão localizada do metal de base na região adjacente à área de contato, antes que o calor se difunda em grande quantidade para o restante da peça. (GUIMARÃES, 2010).

O arco elétrico consiste em uma descarga elétrica, sustentada através de um gás ionizado, a alta temperatura, conhecido como plasma, podendo produzir energia térmica suficiente para ser usado em soldagem, pela fusão localizada das peças a serem unidas. (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2017)

As discontinuidades na geometria (orifícios, cortes, chanfros, falhas na soldagem, dentre outros) ou metalúrgicas(solda) afetam a distribuição da tensão em uma estrutura, resultando em um aumento da tensão na vizinhança da discontinuidade. Esse aumento na tensão é chamado de concentração de tensão. (DE MENDONÇA; ELLWANGER, 2016)

Esse fenômeno é ilustrado na Figura 1 por meio das linhas de força na placa. Nas extremidades da placa ocorre uma distribuição uniforme das linhas, porém ao se aproximarem da discontinuidade da placa as linhas se aproximam umas das outras gerando uma concentração de tensão. Deste modo, a tensão neste local é muito maior do que nas partes onde não há discontinuidade, necessitando de um fator de concentração de tensão (K_t) para ajustar a tensão no local.

Figura 1 – Distribuição de tensões em peça com entalhe.



Fonte: (Det Norske Veritas, 2014)

Esse fator de concentração de tensão é utilizado em cálculos analíticos para dimensionar cordões de solda e assegurar que não aconteça nenhuma falha no projeto.

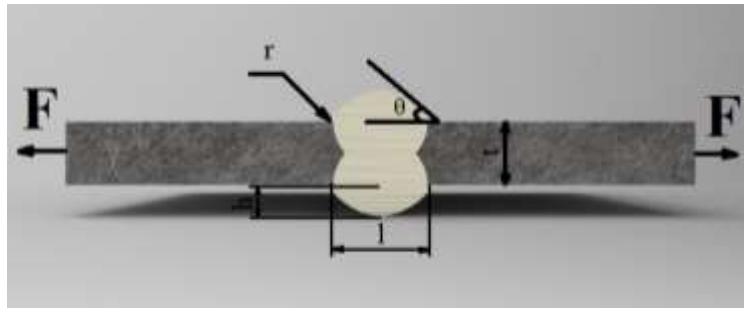
METODOLOGIA

• CÁLCULO ANALÍTICO DO CONCENTRADODOR DE TENSÃO

Inicialmente foram feitos estudos na área de concentradores de tensão, onde foi encontrado a equação empírica dos japoneses K. Iida e T. Uemura para calcular o fator de concentrador de tensão. A equação apresentou ser a mais eficiente em comparação com outras quando verificadas pelo método dos elementos finitos (MEF). (CHATTOPADHYAY et al., 2011)

1. FATOR DE CONCENTRADOR DE TENSÃO PARA UMA SOLDA DE TOPO SOB CARGA AXIAL DE TRAÇÃO

Figura 2 – Representação de uma solda de topo sob carga de tração.



Fonte: (Autor, 2019)

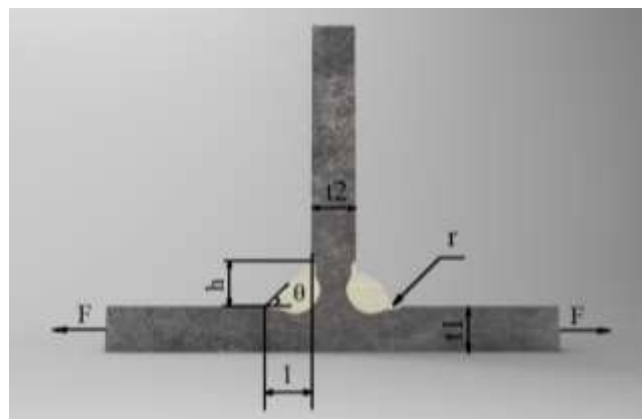
$$W = t + 2 * h + 0,6 * l$$

$$Kt = 1 + \frac{1 - \exp\left(-0,9 * \theta * \sqrt{\frac{W}{2 * h}}\right)}{1 - \exp\left(-0,45 * \pi * \sqrt{\frac{W}{2 * h}}\right)} * 2 * \left[\frac{1}{2,8 * \left(\frac{W}{t}\right) - 2} * \frac{h}{r}\right]^{0,65}$$

Onde t, h, l, r (todos eles em mm) e θ (rad) são parâmetros geométricas da junta soldada necessárias para calcular o fator de concentrador de tensão no cordão de soldam, representados na figura 2.

2. FATOR DE CONCENTRADOR DE TENSÃO PARA UMA SOLDA EM ÂNGULO SOB CARGA AXIAL DE TRAÇÃO

Figura 3– Representação de uma solda em ângulo sob carga de tração.



Fonte: (Autor, 2019)

$$W = (t1 + 2 * h) + [0,3 * (t2 + 2 * l)]$$

$$Kt = 1 + \frac{1 - \exp\left(-0,9 * \theta * \sqrt{\frac{W}{2 * h}}\right)}{1 - \exp\left(-0,45 * \pi * \sqrt{\frac{W}{2 * h}}\right)} * \left[\frac{1}{2,8 * \left(\frac{W}{t1}\right) - 2} * \frac{h}{r} \right]^{0,65}$$

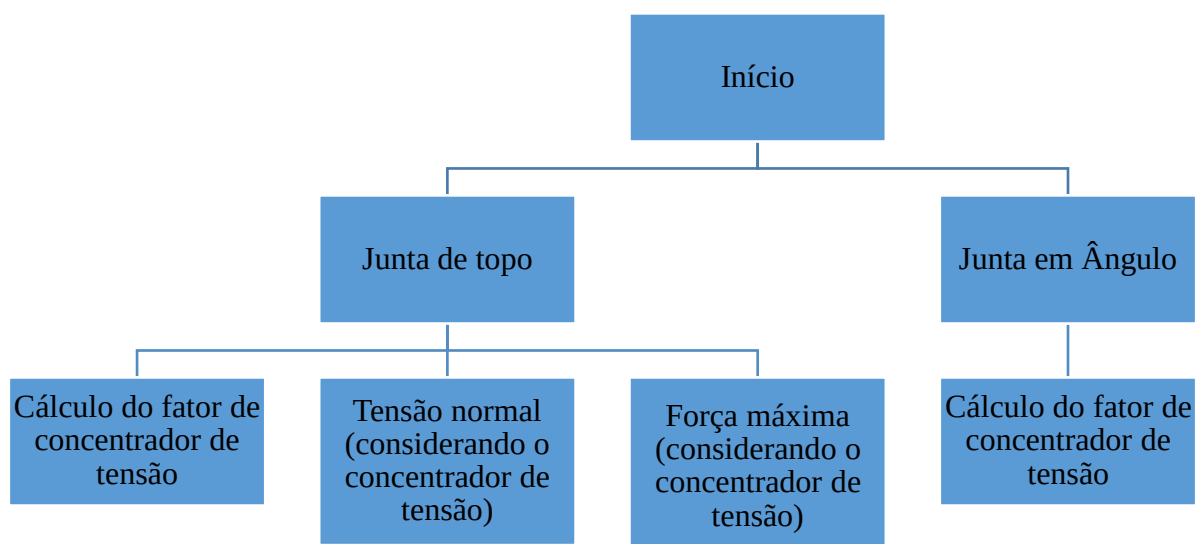
Onde t1, t2, h, l, r (todos em mm) e θ (rad) são parâmetros geométricos da junta em ângulo representados na figura 3.

• CRIAÇÃO DO SOFTWARE

As equações foram utilizadas para o desenvolvimento do software utilizando o auxílio do Matrix Laboratory (MATLAB), um software interativo de alta performance voltado para a computação matemática.

Foi criado uma interface gráfica para facilitar a utilização do software. O programa consiste de 4 equações: fatores de concentrador de tensão (em juntas de topo e em ângulo), tensão normal e força máxima suportada numa junta de topo soldada considerando o fator de concentrador de tensão. A representação esquemática do software e das suas opções de cálculo encontrasse no fluxograma na Figura 4.

Figura 4– Representação esquemática do software.



Fonte: (Autor, 2019)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

• DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O programa foi desenvolvido no MATLAB por meio de criação de códigos, funções e interface gráfica utilizando a função GUIDE e outras do próprio MATLAB para tornar mais prático o cálculo do fator de concentrador de tensão e a tensão suportada numa junta soldada, conforme mostrado na Figura 14 a 19.

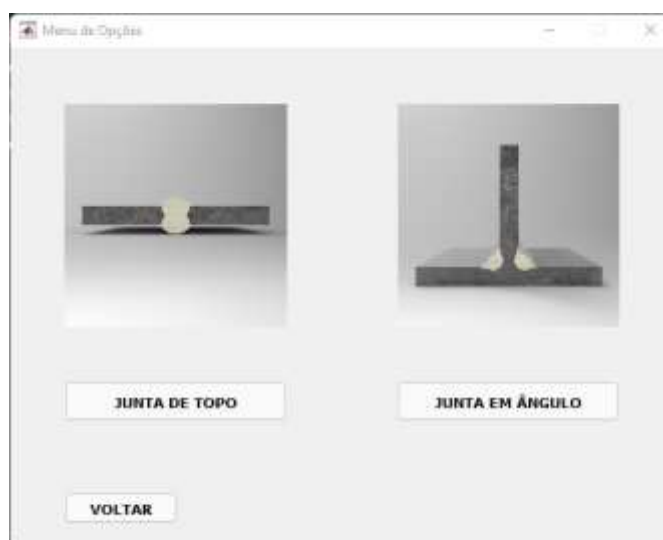
Figura 5 – Página inicial do software



Fonte: (Autor, 2022)

Na Figura 5, apresenta a página inicial do programa, onde há informações sobre o objetivo do software e informações dos desenvolvedores.

Figura 6 – Menu de opções do software



Fonte: (Autor, 2022)

Na Figura 6, apresenta a tela “Menu” do programa onde há duas opções: junta de topo ou junta em ângulo.

Nas Figura 7 e 8, são mostradas sub-telas do “Menu” com as opções que o software tem para calcular.

Figura 7 – Tela com opções de cálculo para junta de topo



Fonte: (Autor, 2022)

Figura 8 – Tela com opções de cálculo para junta em ângulo



Fonte: (Autor, 2022)

As Figuras de 9 a 12 apresentam as telas para calcular, com espaços para os parâmetros de entrada serem preenchidos e espaços para retornar os parâmetros de saída.

Figura 9 – Tela para calcular o fator de concentrador de tensão para junta de topo

The screenshot shows a window titled "Fator de concentrador de tensão para junta de topo". It contains five input fields for parameters: "Espessura da chapa(em mm):", "Altura do reforço da solda(em mm):", "Ângulo entre a chapa e o reforço da solda(em graus):", "Largura da solda(em mm):", and "Raio de adoçamento(em mm):". A red "CALCULAR" button is positioned to the right of the fifth field. Below these fields, there is a label "O fator de concentrador de tensão na junta de topo é:" followed by an output field. At the bottom, there are two buttons: "VOLTAR" on the left and "AJUDA" on the right.

Fonte: (Autor, 2022)

Figura 10 – Tela para calcular tensão normal na junta de topo

The screenshot shows a window titled "Tensão numa junta de topo". It contains seven input fields for parameters: "Força aplicada na chapa(em N):", "Comprimento do cordão de solda(em mm):", "Espessura da chapa(em mm):", "Altura do reforço da solda(em mm):", "Ângulo entre a chapa e o reforço da solda(em graus):", "Largura da solda(em mm):", and "Raio de adoçamento(em mm):". A red "CALCULAR" button is positioned to the right of the seventh field. Below these fields, there are two labels with corresponding output fields: "O fator de concentrador de tensão(Kt), é:" and "A tensão na junta soldada considerando o concentrador de tensão, é(MPa):". At the bottom, there are two buttons: "VOLTAR" on the left and "AJUDA" on the right.

Fonte: (Autor, 2022)

Figura 11 – Tela para calcular a força máxima suportada pela junta de topo

Força máxima suportada numa junta de topo

Escolha o material utilizado

Caso o material utilizado não esteja na lista, informar a tensão de escoamento dele

Comprimento do cordão de solda(em mm):

Espessura da chapa(em mm):

Altura do reforço da solda(em mm):

Ângulo entre a chapa e o reforço da solda(em graus):

Largura da solda(em mm):

Raio de adoçamento(em mm):

CALCULAR

O fator de concentrador de tensão(Kt), é:

A força máxima suportada pela solda de topo, considerando o concentrador de tensão, é(em kN):

VOLTAR **AJUDA**

Fonte: (Autor, 2022)

Figura 12 – Tela para calcular fator de concentrador de tensão na junta em ângulo

Fator de concentrador de tensão para junta em ângulo

Espessura da chapa horizontal(em mm):

Espessura da chapa vertical(em mm):

Ângulo entre a chapa e o reforço da solda(em graus):

Altura da solda(em mm):

Largura da solda(em mm):

Raio de adoçamento(em mm):

CALCULAR

O fator de concentrador de tensão na junta em angulo é:

VOLTAR **AJUDA**

Fonte: (Autor, 2022)

Figura 13 – Parâmetros geométricos utilizados para calcular a força máxima suportada numa junta de topo

Material da chapa	Aço ASTM A-131 AH36
Tensão admissível do material	351 MPa
Comprimento do cordão de solda	300mm
Espessura da chapa	25mm
Altura do reforço	5mm
Ângulo entre a chapa e o reforço	20°
Largura do cordão de solda	20mm
Raio de adoçamento	0,8mm

Fonte: (Autor, 2022)

Figura 14 – Resultado obtido pelo software

Força máxima suportada numa junta de topo

Escolha o material utilizado:

Caso o material utilizado não esteja na lista, informar a tensão de escoamento dele:

Comprimento do cordão de solda(em mm):

Espessura da chapa(em mm):

Altura do reforço da solda(em mm):

Ângulo entre a chapa e o reforço da solda(em graus):

Largura da solda(em mm):

Raio de adoçamento(em mm):

CALCULAR

O fator de concentrador de tensão(Kt), é:

A força máxima suportada pela solda de topo, considerando o concentrador de tensão, é(em kN):

VOLTAR **AJUDA**

Fonte: (Autor, 2022)

CONCLUSÕES

O software escrito no MATLAB com funções para calcular o fator de concentrador de tensão numa junta soldada de topo e filete, a tensão normal e força máxima suportada numa solda de topo levando

em consideração o fator de concentrador de tensão teve como objetivo geral aumentar a eficiência, reduzir custos e desperdícios em um projeto que envolva a soldagem, além de facilitar o cálculo do fator de concentrador de tensão, visto que a equação é muito extensa.

Através do SCFW Software foi calculado a força máxima suportada pelo numa junta de topo utilizando os parâmetros geométricos da figura 13 e foi obtido um Fator de Concentrador de Tensão $K_t = 2,58$ e a força máxima suportada pela junta soldada $F_{m\acute{a}x} = 1020,10 \text{ KN}$, mostrado na figura 14.

REFERÊNCIAS

CHATTOPADHYAY, A. et al. Stress Analysis and Fatigue of welded structures. *Welding in the World*, v. 55, n. 7–8, p. 2–21, 19 jul. 2011.

DE MENDONÇA, É. M.; ELLWANGER, G. B. Análise de concentração de tensões e fadiga em uma junta soldada. *Engenharia Civil*. Universidade Federal do Rio de Janeiro., 2016.

Iida K. and Uemura T.: Stress concentration factor formulas widely used in Japan, IIW Doc. XIII-1530-94, 1994.

GUIMARÃES, P. B.; BARBOSA, P. M. A.; YADAVA, Y. P.; SIQUEIRA FILHO, A. V.; BARBOSA, J. M. A.; FERREIRA, R. A. S. Comparative Study of Levels of Residual Stresses Obtained Numerically as a Function of Welding Current. *Anais... 21st International Congresso f Mechanical Engineering – COBEM*, Natal – RN. Pp. 1-8, 2011

GUIMARÃES, P. B. Estudo do Campo de Temperatura Obtido Numericamente para Posterior Determinação das Tensões Residuais numa Junta Soldada de Aço ASTM AH36. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Mecânica. 2010.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. 14 - Soldagem: fundamentos e tecnologia. 4. ed. [s.l: s.n.].

ROSENTHAL, D. Mathematical theory of heat distribution during welding and cutting, *Weld. J.* vol. 20, p.220-234, 1941.