

Edição temática em

Sustentabilidade

Iniciação

Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Volume 7 Número 1

Novembro de 2017



ISSN
2179-474X

EDITORIAL

Caro leitor,

Nesta edição da Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, na Temática Sustentabilidade traz até você em sua edição de 2017, oito artigos sobre temas variados dentro da área de meio ambiente, com resultados relevantes de pesquisas desenvolvidas em diversas instituições do país.

Neste contexto, começamos a revista apresentando sobre as questões relacionadas com os resíduos com os artigos intitulados: "Aspectos ambientais e sociais sobre pneus inservíveis" dos autores Maria Paula Hêngling Christófani e Cesar Fabiano Fioriti; "Valorização de resíduos: Produção de galalite a partir de leite não comercializado" dos autores Giovanna Cappellano Amaral de Carvalho e Eduardo Antonio Licco e "Avaliação física química e eficiência da produção de biodiesel a partir do óleo residual usado" dos autores Edicleide de Sena Matos, Cícero de Lima Santos, Vagner Sales dos Santos, José Dantas de Araújo Neto e Cícero Emerso de Lacerda.

Na sequência desta edição temos o artigo de Ana Paula Monteiro Carvalho, Janeanne Nascimento Silva, Vagner Sales dos Santos e Rafael Rodrigues Ferraz, "Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE" e dos autores Daniel Albuquerque Castros, Lyndyane Dias Martins, Andréia Amaro Nascimento, Eliane Silva de Lima Farias e Vagner Sales dos Santos, "Aspectos físico-químicos do efluente do sistema de filtros anaeróbios utilizado na irrigação da cultura do feijão caupi" que analisam sobre os parâmetros da qualidade de água e sobre aspectos físico-químico de efluentes.

Terão oportunidade também de realizar leitura sobre "Daucus carota como bioindicador de dióxido de enxofre (SO₂) na região do Aeroporto de São Paulo – Congonhas" dos autores Valburg de Sousa Santos Junior e Silvia Fazzolari Corrêa; "Armário-cápsula: o consumo de peças atemporais atrelado ao comportamento sustentável" da autora Karoline Nunes Ferrão e "Secagem do biossólido em uma estufa agrícola" dos autores Ana Gabriella Vassoler de Andrade Santos, Alessandro Augusto Rogick Athiê, Rodrigo de Freitas Bueno e Emília Satoshi Miyamaru Seo.

Quero agradecer aos autores desta edição, todos os avaliadores e à equipe executiva, que nos contribuíram para produzir mais este número da Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística – temática Sustentabilidade.

Deixo registrado o meu convite a todos os leitores que nos contribuam enviando os artigos para as futuras edições da temática Sustentabilidade, pois a finalidade é fortalecer na disseminação das pesquisas científicas realizadas pelos alunos e seus orientadores.

Boa leitura a todos!

Emília Satoshi Miyamaru Seo

Editora

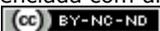
**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade**

Vol. 7 nº 1 – novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Aspectos ambientais sobre pneus inservíveis

Environmental aspects of used tires

Maria Paula Hêngling Christófani, Cesar Fabiano Fioriti, Nayra Yumi Tsutsumoto, Juliana Furtado Arrobas Martins

Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente – Graduação em Arquitetura e Urbanismo
mariapaula.hec@gmail.com, fioriti@fct.unesp.br, nayrayumi@hotmail.com, juarrobas@hotmail.com

Resumo. O aumento vertiginoso na geração de resíduos sólidos é uma grande preocupação na sociedade moderna. Entre estes resíduos estão os pneus inservíveis que devido à significativa quantidade existente no mundo transformou-se em um sério problema ambiental. Assim, com a necessidade de reduzir o passivo ambiental representado pelo estoque de pneus descartados que hoje existe, tornou-se inadiável um debate que crie soluções para minimizar ou reaproveitar estes materiais. Diante do exposto, este trabalho aborda alternativas para amenizar as questões ambientais relacionadas com o descarte de pneus inservíveis no meio ambiente. Desta forma, são apresentados os principais impactos ambientais decorrentes do descarte inapropriado do pneu, bem como algumas das diferentes formas de reutilizar e reciclar este resíduo, principalmente no que se diz respeito ao processo de recauchutagem. E tendo em vista que o acúmulo de pneus inservíveis aumenta a cada ano, a busca por uma solução adequada para estes se torna necessária.

Palavras-chave: pneus inservíveis, problemas ambientais, reutilização, reciclagem.

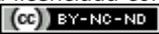
Abstract. *The dizzying increase in the generation of solid residues is a major concern in modern society. Among these residues are the scrap tires ones that due to the significant quantity in the world has become a serious environmental problem. So, with the need to reduce the environmental liabilities represented by the stock of discarded tires that exists today, it has become an urgent debate to create solutions to minimize or reuse these materials. Considering the above, this paper discusses alternatives to mitigate environmental issues related to the disposal of tires residues in the environment. Thus, we present the main environmental impacts from improper tire disposal, as well as some of the different ways to reuse and recycle this residue, especially when it concerns the retreading process. And considering that the accumulation of tires residues increases every year, the search for a suitable solution for these becomes necessary.*

Key words: *scrap tires, environmental, reuse, recycle.*

**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade**

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>
E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

A base da indústria da borracha é a seiva branca da árvore sul-americana "Hevea brasiliensis", popularmente conhecida como Seringueira. De acordo com a definição apresentada por Costa (2001), a borracha natural é um elastômero de cadeia longa e flexível, com frágeis forças moleculares e ocasionais ligações cruzadas de enxofre.

A história da borracha sintética, segundo Lund (1993), possuiu o seguinte desenvolvimento:

- em 1826, Faraday estabeleceu a fórmula empírica da borracha sintética – C₅H₈;
- em 1841, o norte americano, Charles Goodyear ao deixar cair uma pequena quantidade de enxofre na seiva aquecida, acidentalmente, descobriu o processo de vulcanização da borracha;
- na Irlanda, em 1887, Dunlop criou o primeiro pneu de bicicleta;
- em 1895, os irmãos Michelin, pioneiros de uma mega indústria, atualmente a nível mundial, instalaram pneus em carros;
- na década de 1930, após a Primeira Guerra Mundial os trabalhos de investigação continuaram sendo desenvolvidos, surgindo então os polissulfetos, o neoprene, as borrachas de nitrila, capazes de sofrer vulcanização e chegando a dar como produto final, um material parecido com a borracha natural;
- na última década do século passado foram produzidos: poliisopreno – elastômero sintético semelhante à borracha; o polibutadieno; a síntese do isopreno, por meio de catalisadores estereoespecíficos e, as borrachas de etileno/propileno, que seguem os moldes das borrachas naturais.

De maneira paralela, a recente discussão do problema ambiental causado pelos resíduos é uma demonstração da necessidade da metodologia de pesquisa e desenvolvimento que inclua os aspectos ambientais. Pois a questão ambiental vem sendo amplamente discutida a nível nacional e internacional, nos últimos anos, tendo mobilizado a opinião pública e assumindo um papel preponderante nas comunidades.

Certamente, a discussão da sustentabilidade é resultado de uma longa evolução da percepção de que a ação da raça humana tem causado transformações não previstas na natureza. Alguns temas como o aquecimento global, buraco na camada de ozônio, sobre os quais a ciência vem reunindo considerável quantidade de evidências, são exemplos claros destas consequências. Sendo o homem parte da natureza, estas transformações necessariamente afetam a sua qualidade de vida e, talvez, a sobrevivência da sua espécie.

Assim, este trabalho teve como objetivo apresentar os principais impactos ambientais decorrentes do descarte inapropriado do pneu, bem como algumas das diferentes formas de reutilizar e reciclar este resíduo, principalmente no que se diz respeito ao processo de recauchutagem.

2. Definições de pneus

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, no artigo 2º da Resolução nº 416 (BRASIL, 2009), define como:

I – pneu ou pneumático: componente de um sistema de rodagem, constituído de elastômeros, produtos têxteis, aço e outros materiais que quando montado em uma roda de veículo e contendo fluido(s) sobre pressão, transmite tração dada a sua aderência ao solo, sustenta elasticamente a carga do veículo e resiste à pressão provocada pela reação do solo.

II – pneu novo: pneu, de qualquer origem, que não sofreu qualquer uso, nem foi submetido a qualquer tipo de reforma e não apresenta sinais de envelhecimento nem deteriorações, classificado na posição 40.11 da Nomenclatura Comum do Mercosul – NCM.

III – pneu usado: pneu que foi submetido a qualquer tipo de uso e/ou desgaste, classificado na posição 40.12 da NCM, englobando os pneus reformados e os inservíveis.

IV – pneu reformado: pneu usado que foi submetido a processo de reutilização da carcaça com o fim específico de aumentar sua vida útil, como:

a) recapagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem;

b) recauchutagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem e dos ombros;

c) remoldagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos.

V – pneu inservível: pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma.

VI – destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis: procedimentos técnicos em que os pneus são descaracterizados de sua forma inicial, e que seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outra(s) técnica(s) admitida(s) pelos órgãos ambientais competentes, observando a legislação vigente e normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

VII – ponto de coleta: local definido pelos fabricantes e importadores de pneus para receber e armazenar provisoriamente os pneus inservíveis.

VIII – central de armazenamento: unidade de recepção e armazenamento temporário de pneus inservíveis, inteiros ou picados, disponibilizada pelo fabricante ou importador, visando uma melhor logística da destinação.

3. Impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada dos pneus

O descarte inadequado de pneus inservíveis constitui, atualmente, um dos mais graves problemas ambientais e de saúde pública no contexto urbano.

No Brasil, estima-se que 100 milhões de pneus velhos estão espalhados em aterros, terrenos baldios (Figura 1), rios e lagos, e a cada ano, dezenas de milhões de pneus novos são fabricados no país (ANIP, 2017).

Figura 1. Pneus abandonados.



Fontes: www.g1.globo.com; www.radarnacional.com.br.

Para deter o avanço desse resíduo é preciso reciclar os pneus de maneira ambientalmente segura. No entanto, a reciclagem dos pneus inservíveis ainda é um desafio, pois a composição da borracha vulcanizada, apresentada anteriormente, confere a este material alta resistência química e física, fazendo da reciclagem um processo complexo e ainda não economicamente atraente para a indústria.

Devido ao significativo volume descartado associado a sua grande durabilidade, possui um alto risco de geração de impactos ambientais negativos que necessitam ser mitigados. Este fato motivou a realização de pesquisas em vários países.

Os problemas ambientais decorrentes do descarte de pneus inservíveis estão relacionados a:

- descarte de pneus em corpos d'água;
- os pneus por apresentarem baixa compressibilidade, associado a sua degradação muito lenta, ao serem aterrados inteiros, podem provocar o escorregamento das células de lixo, bem como reduzir a vida útil dos aterros sanitários (D'ALMEIDA e SENA, 2000; SNYDER, 1986);
- devido a sua forma, se for aterrado inteiro, poderá reter ar e outros gases no seu interior, tornando-se volumoso, e podendo vir a flutuar para superfície, quebrando a cobertura do aterro. Quando isso ocorre, ocasiona a exposição do aterro a micro e macro vetores, a fauna, além de possibilitar que os gases escapem para a atmosfera, bem como haja o vazamento de líquidos (LUND, 1993);
- os pneus ficam sujeitos à queima acidental ou provocada, ocasionando prejuízos na qualidade do ar, face à liberação de fumaça contendo alto teor de substâncias tóxicas;

- do ponto de vista da saúde pública, o descarte de pneus em terrenos baldios são igualmente danosos, pois devido o seu formato, tende a reter a água de chuva criando um ambiente propício a proliferação de vetores, como por exemplo, o mosquito "Aedes aegypti" que é transmissor da dengue.

Várias decisões poderão ser tomadas para mitigar os impactos ambientais gerados pelo manuseio inadequado de pneus inservíveis. Porém, estas decisões precisam se dar em um elevado nível gerencial, operacional ou ainda tecnológico.

4. Aspectos ambientais

Recauchutagem de pneus

A recauchutagem ou reconstrução de pneus consiste fundamentalmente em aproveitar a estrutura resistente do pneu gasto (liso), desde que esta esteja em boas condições de conservação, e incorporar-lhe uma nova borracha de piso (banda de rodagem), por forma a que este ganhe outra vida (Figura 2).

Figura 2. Estrutura do pneu.



Fontes: Brazil Tires, 2009.

Em média, a operação de recauchutagem pode ser efetuada uma vez para pneus de veículos de passeio, duas a três vezes em pneus de veículos pesados ou industriais, e cerca de dez vezes em pneus de aviões. Estima-se que 70% dos veículos de carga e passageiros no Brasil utilizam pneus com essa técnica, o que faz nosso país ocupar o 2º lugar no ranking mundial. Com esta operação, o pneu mantém basicamente as mesmas características técnicas e de comportamento do pneu original, a custos muito inferiores. Relativamente ao pneu novo, poupamos aproximadamente 75%, quer a nível de matéria prima como a nível energético, o que se traduz simultaneamente numa poupança econômica e ambiental. A recauchutagem aumenta a vida útil do pneu em 40% e economiza 80% de energia e matéria-prima em relação à produção de pneus novos (CEMPRE, 2013).

A reutilização de pneus contribui hoje, em larga escala, para uma requalificação dos resíduos industriais, impedindo que sejam colocados nos aterros, incinerados ou espalhados pela paisagem.

Por outro lado, a recauchutagem de pneus é uma fonte que contribui em grande número para o acúmulo de resíduos de borracha que são obtidos durante este processo, sendo que esses resíduos se encontram na forma de fibras e pó de borracha. O impacto visual causado pelos resíduos da recauchutagem é negativo, e os depósitos de resíduos de pneus a céu aberto oferecem condições apropriadas para o desenvolvimento de vários tipos de vetores, além de existir também o risco de incêndios.

Com vistas à problemática ambiental causada, aliado a imensa quantidade de empresas de recauchutagem existentes no Brasil, optou-se pelo uso desses resíduos de borracha no desenvolvimento deste trabalho, onde os mesmos antes de serem utilizados passaram por um procedimento de separação antes de sua utilização. Contudo, ressalta-se ser possível utilizar resíduos de pneus inteiros e não somente os da recauchutagem, já que dispomos de empresas, embora em número reduzido, que detêm a tecnologia de reciclar os materiais constituintes do pneu.

O processo de recauchutagem é mecânico, realizado através de raspagem da banda de rodagem do pneu, geralmente a raspagem é feita com dois cilindros ranhurados. No processo, a banda de rodagem do pneu é desgastada para que a carcaça (estrutura do pneu que será reaproveitada) possa receber uma nova banda de rodagem, esse desgaste faz com que a banda de rodagem velha acabe por se transformar em pequenas partículas de diversas granulometrias, com formatos variando de alongados (tipo fibras com dimensões de 2 a 40 mm) a granular (pó), sendo denominados de forma geral como resíduos de pneus. Esse processo de reconstrução de pneus pode ser dividido em seis etapas, e será apresentado de forma resumida na sequência. As seguintes etapas são executadas em máquinas e equipamentos de alta tecnologia:

- a) inspeção da carcaça;
- b) raspagem da carcaça;
- c) reparação da carcaça;
- d) aplicação do anel na carcaça;
- e) vulcanização;
- f) inspeção final.

O uso de pneus recauchutados, apesar de causar divergências, ainda representa uma alternativa econômica para o consumidor. Já os resíduos da recauchutagem representam um problema global com potencial crescimento e efeito cumulativo, devido ao aumento da manufatura.

À semelhança dos pneus novos, os pneus recauchutados são homologados através de elevados padrões de exigência. O sistema de homologação das unidades de recauchutagem visa dar maior credibilidade ao setor de recauchutagem estabelecendo regras comuns e promovendo a melhoria e qualidade do processo.

Segundo Sienkiewicz et al. (2012) a recauchutagem apenas requer cerca de 30% da energia e 25% das matérias-primas necessárias para produzir novos pneus, sendo por isso economicamente e ambientalmente interessante. Adicionalmente, é considerado o único subproduto da borracha virgem que pode ainda ser utilizada para produção de compósitos poliméricos ou aplicações na indústria de construção.

Valorização energética

A valorização energética é uma forma simples de valorização de pneus inservíveis ou outros produtos derivados de borracha. A aplicação de pneus inservíveis como combustível insere-se na denominação genérica de CDR – Combustíveis Derivados de Resíduos, sendo que internacionalmente é utilizada a denominação Tyre Derived Fuel – TDF.

Os pneus inservíveis possuem um poder calorífico entre 26-30 MJ/kg, o que torna este material competitivo em face de outros tipos de combustíveis derivados de resíduos primários. Neste contexto, a indústria cimenteira é um dos maiores consumidores deste tipo de material, sendo que as temperaturas elevadas atingidas nos fornos (>1200°C) asseguram a combustão dos componentes dos pneus inservíveis, restando elementos minerais incombustíveis na matriz do clínquer.

Já no que diz respeito a emissões decorrentes da co-incineração de PFV existem algumas referências na literatura, tal como indica Rahman et al. (2012), que apresentam resultados contraditórios sobretudo no que diz respeito às emissões de SO₂, NO_x, metais, dioxinas e furanos.

Já com relação às emissões de CO, a maioria dos casos aponta para um aumento, em média, de 35% destas emissões face à combustão de carvão (Rahman et al., 2012). De igual modo, as emissões de HCl e zinco também são normalmente mais elevadas.

Além das cimenteiras, os pneus inservíveis são também utilizados como combustível na produção de vapor, energia elétrica, papel, cal e aço, uma vez que, segundo Sienkiewicz et al. (2012), a co-combustão de carvão com granulado de borracha melhora a eficiência térmica de caldeiras e fornos e os gases e partículas emitidos não excedem os limites permitidos.

Reciclagem mecânica

A reciclagem mecânica de pneus inservíveis envolve a obtenção de um granulado de borracha através da moagem mecânica e granulação através de trituradores, moinhos, granuladoras de facas e laminadoras com rolamentos cortantes. Estas máquinas são configuradas numa linha de processamento que permite a repetição da moagem dos resíduos até alcançar a granulometria necessária.

Com esta tecnologia, o granulado pode chegar aos 0,3 mm de tamanho, sendo caracterizado por uma superfície bastante irregular. Tipicamente, estas linhas de processamento possuem tecnologias acopladas que permitem a separação das fibras têxteis e aço fragmentado.

Reciclagem criogênica

A reciclagem criogênica envolve a utilização de azoto líquido para arrefecer os pneus inservíveis previamente fragmentados, a uma temperatura abaixo da transição vítrea da borracha natural presente nos pneus. Entre os -60°C e -100°C, a borracha torna-se bastante frágil e é assim facilmente processada em moinhos de martelos, transformando-se num granulado fino que pode ir até aos 75 µm (Liang e Hao, 2000; Sharma et al., 2000; Sienkiewicz et al., 2012). Neste caso, a superfície do granulado é bastante lisa, com extremidades cortantes.

Outras tecnologias

Existem outras tecnologias que podem ser utilizadas, mas que não se encontram muito difundidas, como por exemplo, a pirólise, a moagem úmida ou o corte por jato de água. Tal deve-se, sobretudo pelas razões: 1) o seu custo ainda é muito elevado, quando comparado com outras opções disponíveis; 2) os benefícios gerados não são suficientes para suprir os impactos decorrentes da utilização dessa tecnologia.

A pirólise, por exemplo, baseia-se na decomposição dos elastômeros contidos na borracha, através do aquecimento dos pneus inservíveis a 400-700°C na ausência de oxigênio, em câmaras com atmosfera controlada em gás neutro (Rodriguez et al., 2001; Berrueco et al., 2005). Gera uma série de compostos químicos comercializáveis, que podem ser utilizados nas indústrias do ferro, aço, energia ou petroquímicas. Atualmente, esta tecnologia tem associado custos elevados e o preço dos produtos resultantes não é competitivo face às opções existentes no mercado (Rodriguez et al., 2001; Berrueco et al., 2005).

A moagem úmida é uma variante relativamente tradicional à moagem mecânica, no sentido em que é moída uma solução de granulado em suspensão aquosa. Para tal são utilizados equipamentos de moagem que esmagam o granulado, sendo que a água permite o arrefecimento automático das mós e do material processado. Com este processo pode-se obter dimensões de granulado entre os 10-20 µm, com elevada superfície específica.

O corte por jato de água foi desenvolvido para a reciclagem de pneus inservíveis oriundos de veículos pesados. É utilizado um jato de água a alta velocidade, com uma pressão acima de 2000 bares, que desfia a borracha dos pneus. A principal vantagem é ser um método preciso, sendo capaz de separar a borracha formada pela membrana que rodeia a malha de aço do pneu do material de borracha a partir do qual foram feitas as bandas de rodagem e as paredes do mesmo (Sienkiewicz et al. 2012).

Aplicações

No que diz respeito à reciclagem de pneus inservíveis, os mesmos podem ser reutilizados/reciclados inteiros em aplicações específicas, ou o granulado derivado pode ser integrado em outros produtos. Existem aplicações que utilizam o pneu inteiro, na sua forma original, sem aplicar nenhum tipo de processamento, por exemplo, como barreiras protetoras em estradas e autoestradas ou para proteção de deslizamentos de terras. No caso da borracha de pneus, as suas propriedades isolantes, massa específica baixa e resistência a vários fatores ambientais, tornam este material adequado para substrato de estradas, isolamento térmico de edifícios e enchimento de estruturas como túneis, passagens subterrâneas ou muros de retenção (Hazarika et al., 2010).

O granulado ou pó de borracha pode ser utilizado como filler de pisos desportivos sintéticos (Gomes et al., 2010), em substituição de outras borrachas, mas igualmente na composição e misturas de asfalto. Neste caso, a incorporação de granulado melhora a qualidade da superfície do asfalto, torna-o termicamente mais estável e resistente à deterioração, bem como melhora a sua elasticidade e reduz o ruído associado ao tráfego automóvel (Xiao e Amirkhanian, 2010; Sienkiewicz et al. 2012).

Este material pode também ser incorporado em compósitos de cimento, alterando as propriedades do mesmo no que diz respeito à resistência à tração, isolamento térmico e acústico, e resistência a cargas dinâmicas.

5. Redução de pneus inservíveis

No caso dos pneus, quando se tornam inservíveis, o seu destino final tem contribuído para agravar ainda mais os problemas ambientais. Por esse motivo, programas de reutilização de pneus estão sendo desenvolvidos, com o propósito de recuperar esses materiais, ampliando o seu ciclo de vida e minimizando os impactos ambientais.

Uma das prováveis soluções seria utilizar o processo de reciclagem de pneus inservíveis, cujo intuito consiste na separação dos materiais componentes do pneu, ou

seja, borracha, aço e nylon. Porém, ao que tudo indica, o custo de instalação das empresas de reciclagem de pneus desestimula a implantação desta opção.

A seguir serão expostas algumas aplicações gerais da borracha de pneus inservíveis, seja a partir do pneu em sua conformação completa ou fracionada, tais exemplos são: mantas, pavimento asfáltico, tapetes, buchas para eixos de caminhões e ônibus, saltos e solas de sapatos, tiras para indústrias de estofados, recifes artificiais, cobrir áreas de lazer e áreas de esporte, entre outros (ECHIMENCO, 2001).

Pierce e Blackwell (2003) afirmaram que os resíduos de pneus podem ser utilizados com sucesso também em misturas de solo-cimento destinadas a estabilização de aterros, preenchimento de valas, cabeceiras de pontes, etc.

De acordo com Santos (2002), outra opção para reduzir a quantidade de pneus inservíveis seria a crescente utilização do processo de recauchutagem de pneus. Este processo contribui para o prolongamento da vida útil desse produto, apesar de ser um processo finito em razão dos pneus terem uma limitação quanto à aplicação deste processo sem afetar o seu desempenho.

A economia que esse processo traz se torna significativa para os pneus de transporte, destinados a caminhões, ônibus, tratores e aviões, que são os que apresentam custos mais elevados, acrescido de que nesse segmento, os custos são mais bem monitorados.

De acordo com Lund (1993) os pneus recauchutados podem ser reutilizados com segurança, cujo processo também é conhecido como recapeamento, consistindo na remoção da banda de rodagem desgastada, por meio de raspagem, e na colocação de uma nova banda, que é vulcanizada, a fim de garantir a mesma durabilidade e características de um pneu novo.

A redução na fonte, a reutilização e a reciclagem também são estratégias da técnica de minimização de resíduos que visam não só ampliar o ciclo de vida dos produtos, bem como, ao serem descartados, transformá-los em novos produtos, reinserindo-os no mercado.

O número de pneus gerados no mundo também poderá ser reduzido com a adoção das seguintes ações (EAUK, 2001):

- reduzindo o número de veículos nas vias;
- reduzindo a distância de viagem;
- melhorando a manutenção de veículos, visando prevenir trocas desnecessárias de pneus;
- melhorando o processo de manutenção dos pneus;
- aumentando o número de pneus recauchutados;
- assegurando para todos os pneus novos, a possibilidade de serem recauchutados.

Ainda assim, o volume de pneus descartados também poderá ser reduzido, conforme Tchobanoglous et al. (1993), se os consumidores adquirirem pneus de melhor qualidade, ou pneus remoldados, uma vez que, o pneu submetido a esse processo recebe uma nova camada de borracha não só na banda de rodagem (como acontece na recauchutagem), mas também nas suas partes laterais.

Algumas indústrias cimenteiras já utilizam os pneus inservíveis como combustível em seus fornos clinkers de elevada temperatura, isto principalmente pelo alto poder calorífico que a borracha dos pneus concentra. Porém, deve ser lembrado que essas indústrias devem dispor de equipamentos de controle de poluição apropriados para controlar as emissões de gases ofensivos geradas no processo de utilização desses resíduos.

Na Europa, principalmente Espanha, Portugal e França, os pneus vem sendo estudados com relação a sua disposição sem que afete o meio ambiente. Por este motivo muitos congressos e seminários sobre inovação e aproveitamento de pneus inservíveis vêm sendo realizados todos os anos, e o surgimento de entidades ligadas ao meio ambiente, como por exemplo, o Club Español de los Residuos, visa incentivar a criação e desenvolvimento de métodos capazes de retirar esse material do meio em que vivemos. O continente europeu começou a se conscientizar de que é necessário dar uma solução adequada para os pneus inservíveis, visto que o acúmulo desse tipo de material aumenta a cada ano.

As estimativas revelam ainda que o número de veículos no mundo seja de aproximadamente 800 milhões, sendo 24 milhões no Brasil, e considera-se que cada veículo gere 1-2 pneus inservíveis por ano (PLANETA SUSTENTÁVEL, 2015). Na sequência é apresentada a Tabela 1, onde pode ser observada a produção anual de pneus nos últimos 6 anos.

Tabela 1. Produção de pneus por categoria.

Produção de pneus (milhares de unidades)						
Categoria	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Carga	7.448,80	7.138,00	8.231,33	7.894,36	6.829,05	7.431,21
Camioneta	8.470,60	8.267,80	9.904,48	8.860,74	8.843,08	10.014,59
Passeio	32.568,20	30.406,40	32.554,32	33.266,71	37.399,85	36.584,87
Moto	16.078,50	14.519,20	15.041,60	15.642,56	14.614,75	12.888,09
Agrícola	793,80	807,20	928,49	873,85	719,49	796,58
Outros	109,70	107,80	103,30	118,42	103,20	105,72
Industrial	1.396,90	1.360,30	2.072,81	2.069,84	120,80	49,29
Avião	60,10	54,00	52,27	50,52	0,79	0,00
Total	67.305,10	66.926,60	62.661,00	68.888,90	68.631,00	76.870,35

Fonte: ANIP, 2017 – modificado.

Todavia, não podemos nos esquecer dos governantes municipais, estaduais e federais, que deveriam se sensibilizar com a problemática gerada pelos pneus inservíveis, face às dimensões dos impactos gerados por esses resíduos.

6. Conclusão

O descarte inadequado de pneus inservíveis é uma realidade bastante preocupante, uma vez que está relacionado a problemas ambientais e de saúde pública, além disso, a reciclagem deste material ainda é um processo complexo e economicamente inviável para a indústria. Desta forma, o reaproveitamento do material através do processo de recauchutagem, juntamente a alternativas que incorporam o resíduo deste processo, se tornam interessantes para contribuir com a amenização dos impactos gerados pelos pneus ao diminuir seu destino a aterros, incineradoras e a natureza.

Desconsiderando o descarte, os possíveis destinos de pneus estão em: recauchutagem, aplicação como combustível, reciclagem mecânica, reciclagem criogênica, entre outros, como a pirólise, a moagem única e o corte por jato de água, sendo estes últimos ainda muito questionáveis com relação à viabilidade operacional e econômica. De fato constata-se que as várias operações de valorização induzem benefícios ambientais, embora a sua magnitude e características dependam de cada tecnologia e dos produtos que são evitados.

A reciclagem dos pneus pode ser realizada conforme a aplicação desejada seja com eles inteiros ou em forma granular. Desta forma, o material pode ser usado desde

barreira protetora em estradas ou proteção de deslizamentos de terra até como substrato de estradas ou produção de pisos desportivos sintéticos, além de poderem também ser incorporados aos compósitos de cimento alterando suas propriedades físicas.

Nota-se que a partir da vigência da resolução CONAMA 416 (BRASIL, 2009) que trata deste assunto, as ações empresariais se intensificaram a respeito de estudos e pesquisas que possibilitassem a implantação de novas alternativas tecnológicas para reutilização dos pneus descartados.

No que tange a questão da destinação final dos inservíveis, o Brasil não possui dados estatísticos que possam embasar um levantamento da quantidade de pneus inservíveis no país, qual a destinação final deste resíduo, nem tampouco saber se há estoques temporários de pneus. Conclui-se que falta definição de uma política com diretriz, controle e fiscalização. E tendo em vista que o acúmulo de pneus inservíveis aumenta a cada ano, a busca por uma solução adequada para estes se torna necessária.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS – ANIP. **Produção e vendas 2016: dados de produção**. Disponível em:

http://www.anip.com.br/arquivos/producao_vendas.pdf. Acesso em: mar/2017.

BERRUECO, C.; ESPERANZA, E.; MASTRAL, F. J.; CEAMANOS, J.; GARCIA-BACAICOA, P. **Pyrolysis of waste tyres in an atmospheric static-bed batch reactor: Analysis of the gases obtained**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 74: 245–253, 2005.

BRASIL. **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009**. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: mai/2015.

BRAZIL TIRES. **Tudo sobre pneus**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.braziltires.com.br/tudosobrepneus/pneus.html#veloc>>. Acesso em: mar/2016.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. **Ficha técnica 8**. In: PNEUS. 2013. Disponível em: <http://www.cempre.org.br>. Acesso em: set/2014.

COSTA, J. T. **Reaproveitamento de sucata de pneus. Inviabilidade técnica ou econômica?** Associação Brasileira de Limpeza Pública – ABLP. Limpeza Urbana, nº 56, dezembro, p.24-30, 2001.

D'ALMEIDA, M. L. e SENA, L. B. R. **Reciclagem de outras matérias**. Manual de Gerenciamento Integrado. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000.

ECHIMENCO, L. **O uso da borracha esquecida: Pneu velho precisa deixar de ser um pesadelo ambiental**. Notícias FIESP/CIESP. São Paulo, nº 58, p. 3-7, 2001.

ENVIRONMENT AGENCY BRITISH – EAUUK. In: **Ea tyres report**. 2001. Disponível em: <http://www.environment-agency.gov.uk>. Acesso em: jan/2013.

GOMES, J.; MOTA, H.; BORDADO, J.; CADETE, M.; SARMENTO, G.; RIBEIRO, A.; VELOSO, I. **Toxicological assessment of coated versus uncoated**

rubber granulates obtained from used tires for use in sport facilities. Journal of the Air & Waste Management Association, 60 (6), 741-746, 2010.

HAZARIKA, H.; YASUHARA, K.; KIKUCHI, Y.; KARMOKAR, A. K.; MITARAI, Y. **Multifaceted potentials of tire-derived three dimensional geosynthetics in geotechnical applications and their evaluation.** Geotextiles and Geomembranes 28: 303-315, 2010.

LIANG, B.; HAO, Y. C. **A novel cryogenic grinding system for recycling scrap tire peels.** Advanced Powder Technology 11 (2), 187-19, 2000.

LUND, H. F. **The McGraw – Hill recycling handbook.** New York: McGraw – Hill, New York, United States, cap.18, 1993.

PIERCE, C. E.; BLACKWELL M. C. **Potential of scrap tire rubber as lightweight aggregate in flowable fill.** Waste Management, v.23, p.197-208, 2003.

PLANETA SUSTENTÁVEL. **Desenvolvimento – caos – número de carros: aqui, nos EUA e no mundo.** Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/caos-super-pop2.shtml>. Acesso em: abr/2015.

RAHMAN, A.; RASUL, M.; KHAN, M. M. K.; SHARMA, S. C. **Industrial waste as alternative fuel in cement industry: its impact on environment.** In: N Altawell, K Volkov, C Matos, & PF de Arroyabe (eds.) Recent researches in environmental and geological sciences: proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Energy & Environment (EE '12), WSEAS Press, 2012. Disponível em: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2012/Kos/WEGECEM/WEGECEM-14.pdf>. Acesso em: fev/2015.

RODRIGUEZ, I.; LARESGOITI, M. F.; CABRERO, M. F.; TORRES, A.; CHOMÓN, M. J; CABALLERO, B. **Pyrolysis of scrap tyres.** Fuel Processing Technology, v.72 (1): 9-22, 2001.

SANTOS, A. L. T. **Plano de gerenciamento do pneu – Resíduo: Metodologia.** 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002.

SHARMA, V. K; FORTUNA, F.; MINCARINI, M.; BERILLO, M.; GORNACCHIA, G. **Disposal of waste tyres for energy recovery and safe environment.** Applied Energy, v. 65(1-4): 381-394, 2000.

SIENKIEWICZ, M.; KUCINSKA-LIPKA, J.; JANIK, H.; BALAS, A. **Progress in used tyres management in the European Union: A review.** Waste Management, 32 (10), 1742-1751, 2012.

SNYDER, R. H. **The shape and size of the scrap tire problem and some potential solutions.** In: CONFERENCE ON TIRE TECHNOLOGY, CLEMSON PROCEEDINGS, 1986, Clemsom: University Greenville, Carolina of the South, United States. 1986.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; ELLIASSEN, R. **Integrated solid waste management.** New York: McGraw – Hill. New York, United States, cap.15, p. 758-760, 1993.

XIAO, F.; AMIRKHANDIAN, S. N. **Laboratory investigation of utilizing high percentage of RAP in rubberized asphalt mixture.** Materials and Structures 43:223-233, 2010.

Valorização de resíduos: Produção de galalite a partir de leite não comercializado.

Waste recovery: Production of galalite from unmarketed milk.

Giovanna Cappellano Amaral de Carvalho, Eduardo Antonio Licco

Centro Universitário Senac – Campus Santo Amaro

Departamento de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade – Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária

giovanna.cappellano@gmail.com ; eallicco@uol.com.br

Resumo. Toda atividade socioeconômica gera resíduos, seja no cotidiano das pessoas, no comércio ou na produção industrial. A geração de resíduos é algo inevitável. É possível reduzi-la, mas não evitá-la. Felizmente, uma grande parcela dos resíduos gerados apresenta conteúdos materiais e energéticos que podem ser aproveitados gerando trabalho e renda. O leite, por exemplo, quando considerado resíduo pode ser beneficiado para a produção de bens de valor econômico como colas, tintas ou bioplásticos como a galalite. Este estudo aborda a possibilidade do beneficiamento do leite não comercializado em seu período de validade (o que o transforma em um resíduo da indústria de laticínios) em um bem econômico com valor agregado (o bioplástico Galalite) com vistas ao seu aproveitamento na confecção de artigos de artesanato. Para tanto foram pesquisadas as principais rotas químicas para produção da caseína e analisada a viabilidade técnica para a produção da galalite por mão de obra não especializada. Os resultados obtidos mostraram ser viável o beneficiamento do leite considerado resíduo do comércio e da produção leiteira, bem como a geração de trabalho e renda a partir da produção de peças de galalite.

Palavras- chave: valorização de resíduos, galalite

Abstract.

All socioeconomic activity generates waste, be it people's daily life, commerce or industrial production. Waste generation is inevitable. You can reduce it, but do not avoid it. Fortunately, a large portion of the generated waste presents material and energy contents that can be used to generate work and income.. Milk, for example, when considered waste can be benefited for the production of goods of economic value as glues, paints or bioplastics like galalite. This study deals with the possibility of processing non-marketed milk during its period of validity (which turns it into a residue of the dairy industry) into an economic value-added product (Galalite bioplastic) with a view to its use in the manufacture handicrafts. For this, the main chemical routes for casein production were investigated and the technical viability for the production of galalite by unskilled labor was analyzed. The results obtained showed that it is feasible to process the milk considered as waste from trade and milk production, as well as the generation of work and income from the production of pieces of galalite.

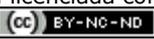
Key words waste recovery, galalite

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

Dependendo do contexto em que é analisado, resíduo pode ser definido de diversas formas. Mesmo assim, resíduo sempre será o que resta de um processo, em face de sua ineficiência. Os resíduos podem advir de uma parcela não completamente transformada da matéria ou da energia, de uma matéria prima ou produto fora de especificação ou de acidentes, dentre outras causas (LICCO, 2015).

As possibilidades de gerenciamento disponíveis para os gestores ambientais, endossadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS são a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético dos resíduos. Nesse aspecto, a PNRS dá destaque ao reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania, diferenciando-o de rejeito que define como sendo

"Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada" (BRASIL, 2010)

Do ponto de vista tecnológico, praticamente qualquer resíduo pode ser tratado e aproveitado em seu conteúdo material ou energético. Enfrenta-se, todavia, questões de interesse, oportunidade e de economia. Por vezes o tratamento dos resíduos não é economicamente viável, mas o interesse socioambiental aponta uma oportunidade de negócio a ser explorada. A reciclagem de lâmpadas com mercúrio é um exemplo a ser mencionado. Trata-se de um processo caro, mas com benefícios ambientais que a sociedade entende ser necessários, justificando a sua existência como negócio (LICCO, 2015). Uma outra situação que pode representar uma oportunidade de negócio, com geração de trabalho e renda é a do leite não comercializado dentro do período de validade para consumo e que retorna para os fabricantes na forma de resíduo.

Na indústria de laticínios, do total do leite produzido e colocado no mercado constantemente uma parcela deixa de ser comercializada dentro do seu prazo de validade. Trata-se de um exemplo típico de resíduo gerado pela ineficiência do processo de comercialização. O produto vencido é recolhido e retorna ao fabricante agora como um resíduo a ser destinado de forma ambientalmente adequada, o que implica em custos.

Considerando os compostos constituinte do leite (água, gordura, açúcares e proteínas) parece interessante tanto do ponto de vista econômico, como ambiental que esse resíduo não seja simplesmente descartado. O leite em si (líquido ou em pó) pode ser matéria prima para diversos outros produtos como etanol e metanol a partir do soro e de colas, tintas e bioplásticos a partir da caseína (FAPESP, 2012; MALAJOVICH, s.d.). Ademais, com o reaproveitamento do leite evita-se a disposição de uma carga poluente significativa no meio ambiente.

Bioplásticos, ou biopolímeros, são materiais plásticos que têm as mesmas propriedades dos plásticos derivados do petróleo, mas são produzidos a partir de matérias-primas renováveis como cana-de-açúcar, milho, mandioca, batata, óleos de girassol, soja, mamona ou leite (EUROPIAN BIOPLASTICS, s.d.). Um bioplástico que durante muito tempo teve papel relevante na sociedade é a galalite. Produzida a partir da caseína do leite, a galalite foi um excelente substituto sintético para produtos feitos originalmente de marfim, cascos de tartaruga e chifres como óculos, pentes, cabos de guarda-chuva, botões, e etc. (figura 1).

Figura 1. Peças tradicionalmente confeccionadas com galalite



Fonte: GALPÃO DOS LEILÕES, s.d.

A despeito de ter sido totalmente substituída pelos plásticos derivados de petróleo em meados do séc. XX a simplicidade do processo de obtenção da galalite poderia representar, nos dias de hoje, uma oportunidade de valorização para o leite que não foi comercializado em seu prazo de validade e a manufatura de artefatos em galalite a possibilidade de inclusão de mão de obra menos especializada no mercado de trabalho, promovendo renda e cidadania.

Neste contexto, este trabalho aborda a viabilidade do beneficiamento do leite não comercializado em seu período de validade (o que o transforma em um resíduo da indústria de laticínios) transformando-o em um bem econômico com valor agregado (o bioplástico Galalite), com relevância social, potencial de geração de trabalho e renda e promoção de cidadania, ao transformá-lo em uma matéria prima valiosa para a produção artesanal de bens de consumo (figura 2).

Figura 2. A valorização de resíduos como forma de geração de trabalho e renda.



Fonte: autoria própria.

2. Fundamentação teórica

2.1. Bioplásticos

Os bioplásticos podem ser produzidos a partir de misturas entre polímeros naturais ou bio-sintéticos, desde que haja a incorporação de um agente plastificante e eventualmente outros aditivos, que são utilizados de acordo com as características do material a ser produzido (NEVES, 2006). Podem ser elaborados com materiais como lipídeos, proteínas, carboidratos, plastificantes, surfactantes e solventes como água e álcool (FAKHOURI *et al.*, 2010). São caracterizados segundo os autores quanto as suas propriedades mecânicas (resistência à tração e alongação); físicas (opacidade e espessura); térmicas (análise termogravimétrica, calorimetria diferencial de varredura e análise térmica dinâmico mecânica) e estruturais (difratometria de raios X), podendo ser simples (elaborados com uma macromolécula), compostos (duas ou mais macromoléculas) ou ainda podem ser formados com duas ou mais camadas.

São obtidos a partir de dois grupos de polímeros (proteínas e polissacarídeos), apesar de apresentarem boas propriedades mecânicas e se constituírem em boa barreira aos gases O₂ e CO₂ (FENNEMA, 1986).

É grande o interesse na produção de bioplásticos a partir de resíduos, tanto pelo baixo custo da matéria prima como pelo valor agregado ao produto, sem esquecer do ganho social e ambiental com a reciclagem do resíduo. Ainda assim, seria possível substituir, de forma satisfatória e eficaz, o plástico convencional pelo bioplástico? A resposta parece ser sim. Empresas como a Basf, Dupont e Braskem dominam a produção de bioplásticos para diversas finalidades. Segundo MOTTIN *et al.* (2011), a Basf lançou seu primeiro produto em meados de 2006, nomeado de Ecovio, derivado do ácido polilático (PLA). Hoje o produto é difundido em diversas áreas como embalagens termo formadas para alimentos, sacos/sacolas, filme para *shrink*, embalagens moldadas por injeção de ar, copos descartáveis, entre outros. A Dupont tem como seu principal produto a linha Sorona, um bioplástico feito com 37% de vegetais. Para a sua produção é consumido 30 % menos de energia e são emitidos 63% menos gases do que a produção do plástico convencional do petróleo (MOTTIN *et al.*, 2011). A Braskem inaugurou no Brasil em 2010 a maior fábrica de plástico verde do mundo em escala industrial. Produz polietileno obtido a partir do etanol com uso principalmente nos segmentos de higiene e limpeza, cosméticos, alimentício e automotivo (BRASKEM, 2011).

A Unikita, maior fabricante japonês de plásticos, desenvolve bioplásticos também a partir de PLA. A empresa tem mais de 1000 produtos que incluem pratos, bandejas, copos, filmes, recipientes para cosméticos e até vestimentas.

A Coca-Cola começou a utilizar um bioplástico em suas garrafas e foi pioneira na América Latina em 2010 ao lançar no Rio de Janeiro a *Plant Bottle*. De acordo com a empresa, trata-se de uma embalagem revolucionária, feita de polietilenotereftalato - PET, no qual o etanol da cana-de-açúcar substitui parte do petróleo utilizado como insumo. A empresa afirma não existir, até o momento, mudança de propriedades químicas, cor, peso ou aparência em relação ao PET convencional. Além disso, a reciclagem desse novo material é feita da mesma forma que ocorre com o PET tradicional.

Existe ainda um dos bioplásticos mais difundidos e utilizados do mercado, os Polihidroxialcanoatos (PHA). São termoplásticos naturais que ocorrem em uma grande gama de bactérias. Possuem propriedades físicas e químicas muito semelhantes às do polipropileno, o que os torna possíveis candidatos à sua substituição. O grande obstáculo a substituição do polipropileno por PHAs tem sido de natureza econômica. De fato, o preço dos PHAs é cerca de nove vezes superior ao do polipropileno (BIBY, 2002). Segundo Serafim *et al.* (2000), as aplicações mais gerais dos PHAs incluem filmes para embalagens e plásticos convencionais. Dado que os PHAs são biocompatíveis, são usados

em aplicações médicas e farmacêuticas (fios de sutura cirúrgica, implantes ósseos, fármacos de libertação lenta, entre outros).

Existem algumas limitações impostas a utilização de biopolímeros e polímeros renováveis, como a escala de produção, que ainda é muito baixa, representando 0,78% da produção mundial de polímeros, sendo seu uso limitado em função dos custos relacionados à produção em baixa escala. Em função disso, o preço dos biopolímeros, se torna cerca de 50% maior em relação ao preço dos polímeros tradicionais como o PET (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2009).

2.2 A Galalite

A palavra Galalite vem do grego e segundo Peyrat *et al.* (2014) deriva das palavras "gala" (leite) e "litos" (pedra). É o nome dado para o bioplástico advindo da proteína do leite (caseína). É um bioplástico termofixo, ou seja, ao ser aquecido não amolece, mas começa a se decompor. Ele não pode ser remoldado devido a essa característica, sua forma é apenas adquirida na hora de sua confecção. É resistente a ácidos e solventes.

Para sua produção é preciso extrair a caseína do leite, retirando o máximo possível de soro. Assim que se obtiver a caseína sem o soro, deve molda-la na forma desejada e mergulhar em uma solução de formaldeído.

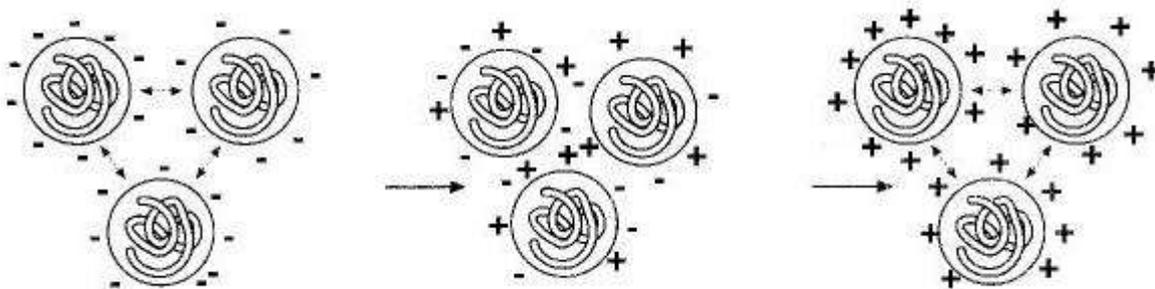
A galalite pode ser tingida na sua confecção, imitando marfim, mármore, chifres e joias. Era produzido em larga escala na França, mas depois da Grande Depressão de 1929, sobraram apenas oito empresas que produziam galalite.

Em 1970 a sua produção começou a declinar, devido à entrada no mercado da resina de poliéster. Embora não tendo o mesmo glamour da galalite, sua produção era mais barata e tão fácil quanto, além da vantagem de poder ser moldado, o que a galalite não permite. Dessa forma a produção massiva de leite ficou mais rentável quando destinada ao consumo humano do que à produção de galalite, que então começou a sair do mercado.

2.3 A Caseína

A caseína é uma proteína presente no leite, do grupo das fosfoproteínas. Encontra-se solubilizada em soluções alcalinas, quando seu ponto isoelétrico é igual a zero, ou seja, há equilíbrio entre as cargas positivas e negativas da proteína. Quando essa solução tem seu pH reduzido ela se coagula facilitando sua remoção. A sua coagulação se deve, pois, a camada mais externa da caseína, chamada k-caseína se solta, tornando-a instável eletricamente como mostra a figura 3 (SILVA *et al.*, 2015).

Figura 3 - Coagulação da caseína por instabilidade de cargas.



Fonte: BEUX (s.d.)

O leite de algumas espécies, particularmente a bovina, contém 80% de suas proteínas como caseínas e os 20% restantes são representados pelas proteínas do soro, ao contrário do leite humano no qual essa proporção se inverte; 80% das proteínas aparecem no soro e apenas 20% como caseínas (BORGES *et al.*, 2001).

Até a descoberta do petróleo era a principal matéria prima para a confecção de botões, pentes, joias, canetas e etc., deixando de ser produzida comercialmente em 1980 devido ao surgimento do plástico sintético do petróleo, que além de ser mais barato é moldável e mais leve (MALAJOVICH s.d.). Seu processo de polimerização foi descoberto na Alemanha em 1895 por Wilhem B Krische e Adolf Spittler. A criação da galalite substituiu produtos feitos de osso, chifre e marfim, pois seu preço era muito mais baixo.

2.4 Extração da caseína

A coagulação do leite é o processo que consiste na transformação do leite em estado líquido para gel, também conhecida como coalhada. Este processo é decorrente de modificações físico-químicas nas micelas de caseína, que podem ocorrer por meio de acidificação ou por ação enzimática (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011).

Para que se consiga extrair a caseína do leite deve-se adicionar um elemento coagulante. Esse coagulante age na k-caseína, desestabilizando-a. Isso ocorre, pois, a proteína do leite é apresenta carga elétrica líquida igual a zero, havendo um equilíbrio entre as cargas, fazendo assim com que as moléculas se repulsem. Quando há a desestabilização dessa camada externa a proteína começa a se aglomerar na forma de gel.

A coagulação enzimática segundo a Food Ingredients Brasil (2011) é o processo mais utilizado, e é realizado por meio da adição de enzimas específicas, conhecidas como coalho ou coagulante. Essas enzimas podem ser de origem vegetal ou microbiana. O critério empregado para escolha de um coalho ou coagulante não fica restrito apenas ao fato de coagular o leite. No caso de produção de queijo, por exemplo, parâmetros como rendimento econômico na fabricação, valor obtido do soro, durabilidade do queijo, formação de sabor amargo no produto final, são fatores fundamentais para esta decisão.

A coagulação ácida é obtida por via biológica através da produção de ácido láctico pelas bactérias do fermento ou pela adição direta de ácidos orgânicos ao leite (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2011). Os principais agentes acidificantes e de mais fácil disponibilidade são o ácido cítrico (suco de limão) e o ácido acético (vinagre)

Como este estudo visa uma produção prática, de menor custo e de forma segura tanto ambientalmente quanto para quem irá produzir, a fonte do ácido adicionado ao leite também deve seguir esse padrão. Desta forma optou-se por testar o ácido acético (vinagre) e o suco limão.

3. Condução do estudo e resultados

Para obtenção da caseína foram inicialmente testadas a coagulação enzimática e a coagulação ácida. Como para a produção do Galalite não é necessário qualquer tipo de parâmetro de sabor ou certificação a escolha final recaiu na coagulação ácida, ponderados os parâmetros de custo e facilidade de obtenção dos reagentes ácido acético (vinagre) ou ácido cítrico (suco de limão).

No segundo passo foram testadas e posteriormente estabelecidas a temperatura do leite e as relações entre quantidade de leite e do reagente ácido. A caseína obtida de melhor qualidade foi obtida pela acidificação do leite a 40°C com limão na proporção suco de limão/leite = 1/10. O rendimento da reação foi de 10% (100g de caseína por litro de leite). A figura 4 ilustra três amostras de caseína já solidificada obtidas com o uso de limão.

Uma vez estabelecidas as relações temperatura-leite-ácido foram produzidos 4 volumes de caseína coagulada, separada do soro por filtração em tecido de algodão. As massas obtidas foram moldadas na forma de medalhas, que foram posteriormente mergulhadas em formalina (solução 30% de formol em água) e deixadas para curar por 72 horas.

As peças de galalite assim produzidas foram comparadas em testes de resistência a tração, alongamento e dureza, com outros polímeros (baquelite, epóxi, melamina, ureia formaldeído) mostrando um desempenho considerado satisfatório para o fim a que se destinava (peças de artesanato).

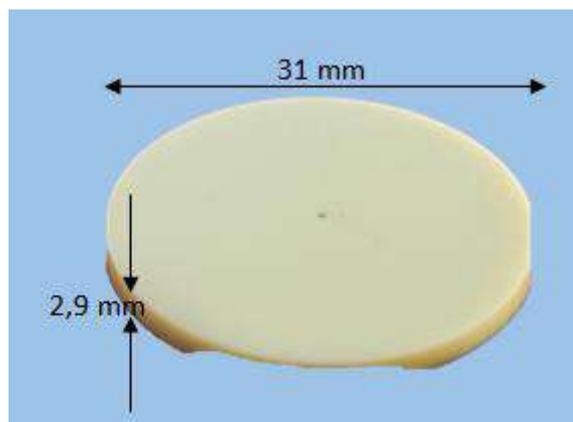
Figura 4 . Caseína produzida com o uso do suco de limão e amostras de caseína solidificada.



Fonte: CAPPELLANO, 2016

Uma das medalhas de galalite foi polida visando a montagem de uma peça de artesanato (figura 5).

Figura 5. Peça polida de galalite



Fonte: CAPPELLANO, 2016

Os materiais e método para extração da caseína e produção da galalite foram aqueles utilizados por CAPELLANNO (2016). A rota seguida pela autora está resumida a seguir.

- Aquecer o leite até 40°C;
- Adicionar corante da cor desejada, se necessário;
- Adicionar aos poucos o acidulante enquanto mexe o leite até a coagulação da caseína;
- Filtrar e separar a caseína coagulada do soro do leite;
- Deixar escorrer ao máximo o soro, e após espremer para retirar o quanto puder;
- Moldar a caseína na forma desejada;
- Preparar solução de 30% em volume de formol e 70% água destilada;
- Deixar a peça embebida de formol por 2 a 3 dias;
- Retirar a peça do formol e deixá-la secando na capela por mais 3 dias;
- Lixar e polir a peça.

4. Considerações finais

A geração de resíduos é quase sempre inevitável. É possível reduzi-la, mas não a evitar. Este fato coloca como imperativa a busca e adesão às políticas de valorização dos resíduos e sua reciclagem/reaproveitamento. Ao tratar um resíduo gerado como uma possível matéria prima, traz-se valor a esse, tornando seu gerenciamento mais atrativo.

Via de regra, os resíduos apresentam conteúdos materiais e energéticos que podem ser aproveitados gerando trabalho e renda. Todos os resíduos são recicláveis, mas não necessariamente apresentam reciclabilidade, ou seja, interesse socioeconômico para ser reciclado (LICCO, 2015). O leite em especial, quando considerado um resíduo pode ser beneficiado para a produção de bens como colas, tintas ou bioplásticos, como a galalite, apresentando interesse econômico.

A produção artesanal da galalite é tecnicamente viável, simples de ser executada, podendo ser realizada por mão de obra de formação técnica primária. O custo para a produção artesanal da galalite é relativamente baixo, ficando ao redor de R\$26,00/kg (considerando-se o preço do leite de R\$2,00/L). Todavia o rendimento do processo não é alto, sendo produzido 1 quilograma de galalite para cada 10 litros de leite processado. Apesar da compra do leite para a produção do bioplástico poder ameaçar a viabilidade econômica do processo, a utilização do leite considerado como resíduo (teoricamente de custo zero) o torna bastante atrativo e pode ser uma alternativa para criação de trabalho, geração de renda e promoção de cidadania nas camadas menos privilegiadas da sociedade.

Do ponto de vista industrial a produção da galalite não é economicamente sustentável em face dos baixos preços dos plásticos derivados do petróleo e da nobreza do leite como alimento. Todavia, a simplicidade da produção artesanal desse bioplástico a partir da caseína do leite pode ser uma forma de agregação de valor a um resíduo de geração constante e disposição não plenamente sustentável - como é o leite não comercializado em seu período de validade - e abrir oportunidade de trabalho e renda para uma fatia da população que não tem formação técnica. As peças artesanais de galalite, uma vez produzidas com bom acabamento, podem ser vendidas por preços relativamente altos, como se comprova por pesquisa de mercado (figura 6).

Há, porém, três pontos de preocupação que merecem ser apontados quando se pensa na produção artesanal da galalite: o primeiro é em relação à destinação do soro do leite, que deve acabar sendo descartado no sistema público de esgotamento sanitário. Dificilmente um pequeno empreendedor terá recursos para aplicar na redução da carga orgânica contida no soro. Desta forma, para cada quilo de caseína produzido 9 litros de soro serão descartados nos esgotos. O segundo ponto diz respeito à possibilidade de o resíduo de leite ser usado como alimento. Como se pensa que esta produção venha a ser

desenvolvida por uma parcela menos privilegiada da população (oportunidade de criação de trabalho, geração de renda e promoção de cidadania) é possível que o leite seja consumido como alimento ao invés de matéria prima para o processo. Para se evitar esta possibilidade deve ser estudada a adição de algum produto que confira gosto desagradável ao leite, mas que não prejudique a produção da caseína. O terceiro ponto de preocupação é a necessidade do uso de formol no processo. Trata-se de um produto químico altamente tóxico, que deve ser manuseado com cuidado, sob supervisão e em locais arejados.

Figura 6. Preços de peças de galalite no mercado



Fonte: MERCADO LIVRE, s.d.

Para estes pontos sempre haverá uma solução viável a ser considerada. Talvez a mais interessante seja a criação de uma comunidade organizada de trabalho ou uma ONG para a preparação técnica da mão de obra, organização dos espaços e segurança no trabalho. Os contatos com os geradores do leite não comercializado e o acompanhamento dos trabalhos se tornam mais fáceis quando regidos por uma entidade organizada, que com o tempo pode diversificar a produção e ampliar o mercado consumidor.

Este trabalho não se encerra em si próprio. Pelo contrário, ele apenas inicia uma rota alternativa de discussão para a problemática do emprego, da renda e da cidadania, tendo como pano de fundo a valorização de resíduos. O fato da galalite ser praticamente desconhecida nos dias de hoje não impede que sua produção artesanal alcance o mercado. Se essa produção puder, concomitantemente, dar uma solução socioeconômica a um resíduo de geração contínua, melhor ainda. Seria um exemplo real de uma estratégia "win-win", uma estratégia com dois vencedores. Esta forma de proceder visa a otimização e o desenvolvimento de empresas e de seus fornecedores, partindo da máxima que a união faz a força. O objetivo fica cumprido quando todos ganham.

Finalizando, uma rápida pesquisa na rede mundial mostra o potencial das peças de galalite (figura 7).

Figura 7. Peças de galalite no mercado de bijuterias finas



Fonte: FLICKR HIVE MIND, s.d.

5. Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudos Setoriais De Inovação: Transformados Plásticos**. Brasília. 2009.

BORGES, P. F. Z., SGARBIERI V. C., DIAS N. F. G. P., JACOBUCCI H. B., PACHECO M. T. B., BALDINI V. L. S. Produção Piloto de Concentrados de Proteínas de Leite Bovino: Composição e Valor Nutritivo. **Brazilian Journal of Food Technology Preprint Serie**, n.52, Campinas, v.4, p.1-8, 2001. Disponível em <http://bj.ital.sp.gov.br/artigos/brazilianjournal/2001/p0152.pdf> acessado em 01 de maio de 2016.

BRASIL. Lei n. 12,305/10, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências

BRASKEM. **Plástico Verde**. Disponível em: <http://www.braskem.com.br/plasticoverde/_HOME.html>. Acessado em: 26 de Março de 2011.

BIBY, G.D. Degradable plastics. 2002. Acessado em: <http://cornchem.www2.50megs.com/degradable.html>. Disponível em 14 de maio de 2016

CAPELLANNO, G. **Valorização de resíduos da Indústria de Laticínios: Produção de bioplásticos a partir de leite em pó não comercializado**. Trabalho de conclusão de curso em engenharia ambiental, Centro Universitário Senac, São Paulo, 2016

EUROPEAN BIOPLASTICS. **Bioplastic material**. <Disponível em: <http://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/>> acessado em 14 de maio de 2016.

FAPESP. **São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Revista Digital de Pesquisa v. 199, p. 14-17, set/2012. Acessado em:**

http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/09/tecnoci%C3%A9ncia_1999.pdf?c73462, disponível em 30 de Abril de 2016.

FAKHOURI, F. M. et al. **Elaboração de Bioplásticos Flexíveis a Base de Polímeros Renováveis por Extrusão Termoplástica**. Anais do: International Symposium On Food Extrusion, Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010

FENNEMA O. R. **Food Chemistry**, Marcel Dekker Inc. p.249,1995

FLICKR HIVE MIND, s.d. **The world's best photos of galalith**. Disponível em: <http://hiveminer.com/Tags/galalith> , acessado em 08/07/2017.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **A Evolução das Enzimas Coagulantes**. São Paulo, n. 16, p. 38-42, 2011. Disponível em <http://www.revista-fi.com/materias/164.pdf> acessado em 18/05/2016

GALPÃO DOS LEILÕES, sd. **Bijuterias** Disponível em <http://www.galpaodosleiloes.lel.br/peca.asp?ID=1906379> acessado em 12/07/2017

LICCO, E.A. Qualidade Ambiental e Sustentabilidade, Disciplina EAD, Senac, curso de Engenharia Sanitária e Ambiental São Paulo, 2015

MALAJOVICH, M. A. **Guia de atividades – Biotecnologia: ensino e divulgação**. BioTecnologia – Ensino e Divulgação, [s.d.]. Disponível em: http://www.bteduc.bio.br/guias/47_Bioplasticos_Caseina.pdf acessado em 16/04/2016.

MERCADO LIVRE, s.d. **super lote botoes galalite** Disponível em: http://lista.mercadolivre.com.br/super-lote-botoes-galalite_ItemTypeID_N acessado em 06/06/2017

MOTTIN, A. C.; CÂMARA, J. J. D.; DE MIRANDA, C. A. S.; PAGNAN, C. S.. **O uso de bioplásticos no desenvolvimento de produtos sustentáveis**. Primeiro Congresso Nacional de Design, Rio de Janeiro, 2011

NEVES, R. F. **A interação do ciclo da experiência de Kelly com o círculo hermenêutico-dialético, para a construção de conceitos de biologia**. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Apresentado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 335-352, 2006

PEYRAT, G.; CLÊNIA, J.; FERNANDES, K.; HYAN, F.; PAIVA, A. **Obtenção de um Plástico (Galalite) a Partir de Proteínas do Leite**. FEPROQUIM - Feira de Projetos de Química, Natal, 2014.

SERAFIM, L. S., LEMOS P. C., REIS M. A.M. **Produção de Bioplásticos por Culturas Microbianas Mistas**. Biotecnologia Microbiana, pg.16 - 21, 2000.

SILVA, A. P.; NICOLAU, E. S.; CABRAL, J. F.; BRASIL, R. B. **Estrutura e Estabilidade das Micelas de Caseína do Leite Bovino**. Ciência Animal 25 (2): 71-80, 2015.

Avaliação física química e eficiência da produção de biodiesel a partir do óleo residual usado

Physical chemical evaluation and efficiency of biodiesel production from used residual oil

Edicleide de Sena Matos, Cícero de Lima Santos, Vagner Sales dos Santos, José Dantas de Araújo Neto, Cícero Emerso de Lacerda

Faculdade de Tecnologia Centec Cariri - FATEC

Eixo Meio Ambiente e Saúde – Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental

{matosedicleide@gmail.com, clccicero@hotmail.com, vagner_saneamento@yahoo.com.br, otenjose@hotmail.com, centeccicero@yahoo.com.br}

Resumo. A presente pesquisa tem como objetivo avaliar as características físicas e químicas, e a eficiência da produção do biodiesel a partir do óleo de cozinha residual usado. A pesquisa foi realizada na Faculdade de Tecnologia CENTEC Cariri. Para a fabricação do biodiesel seguiu-se etapas como pré - tratamento para filtração dos resíduos de alimentos, e o procedimento com o metanol. Após a confecção do biodiesel, foi utilizado e testado na oficina mecânica CENNAI diesel em um veículo da marca Chevrolet, modelo S10, motor Maxion, HS 2.5. Durante a pesquisa foi realizado o teste de densidade, Potencial Hidrogeniônico e teste de funcionamento. Conforme os resultados da densidade do óleo diesel segundo a ANP deve ser de 0,853kg/L na temperatura de 20°C, encontrou-se um resultado para o biodiesel de 0,866Kg/L nas mesmas condições de temperatura e pressão. De acordo com pH obteve-se um resultado 8,29. Conclui-se que a fim de melhorar a eficiência deve-se melhorar o processo de fabricação, principalmente a lavagem do biodiesel, pois o mesmo apresentou pequenas quantidades de soda cáustica.

Palavras-chaves: Biodiesel; Energia renovável; Meio Ambiente; Transesterificação

Abstract. *The present research has as objective to evaluate the physical and chemical characteristics, and the efficiency of the biodiesel production from the used residual cooking oil. The research was carried out at the Faculty of Technology CENTEC Cariri. For the production of biodiesel the following steps were followed as pre-treatment for filtration of food residues, and the procedure with methanol. After the biodiesel was manufactured, it was used and tested in the CENNAI diesel workshop on a Chevrolet model S10, Maxion motor, HS 2.5. During the research was carried out the density test, Hydrogenion Potential and functional test. According to the results of the density of diesel oil according to the ANP should be 0.853 kg / L at the temperature of 20 ° C, a result for biodiesel of 0.866 kg / L was found under the same conditions of temperature and pressure. According to pH, a result was obtained 8.29. It is concluded that in order to improve efficiency, the manufacturing process, especially the biodiesel washing, should be improved, as it presented small amounts of caustic soda.*

Keywords: Biodiesel; Renewable energy; Environment; Transesterification.

**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade**

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

Nos últimos anos o avanço da degradação ambiental tem sido objetivo de discussão no mundo, esta é uma problemática de caráter urgente e mundial, que diagnóstica a realidade em que o planeta se apresenta, a mercê do poder do homem tornando um espaço sem qualidade, ou seja, comprometendo assim a saúde dos seres humanos (DOURADO 2002).

O modo como o homem vem utilizando os recursos naturais de têm elevado a muitas conseqüências, sobretudo para o meio ambiente que cada vez mais vem sendo renovado. As novas tecnologias avançam em busca de reduzir o nível de poluição no planeta e geração de renda diante dessa situação, se observa usos de novas energias renováveis de forma que seja mais econômico buscando assim controle ambiental.

Diante disso observa-se hoje em dia nos estudos as gerações de biodiesel, bioálcool através de sementes de plantas oleaginosas tais como mamona, milho, soja, coco babaçu, entre outras, foi percebido que os pontos de atendimentos ao consumidor como restaurantes, lanchonetes e padarias, usam de forma significantes grandes quantidades de óleos vegetais que provocam grandes impactos no solo quando despejados nas redes coletoras de esgoto, esta poluição causa danos nas águas subterrâneas causando assim uma água sem qualidade, onde o custo de tratamento é elevado (PARENTE, 2002).

Sendo assim, o óleo de cozinha usado pode servir como matéria-prima na fabricação de diversos produtos, tais como biodiesel, tintas, óleos para engrenagens, sabão, detergentes, entre outros (PITTA et al., 2009). Segundo os mesmos autores, o ciclo reverso do produto pode trazer vantagens competitivas e evitar a ação ambiental e problemas no sistema de tratamento de água e esgotos.

As vantagens decorrentes da utilização de óleos residuais de fritura como matéria prima para a produção de biodiesel, adaptada a tecnologia que se caracteriza pela dispensa do processo de extração do óleo, de cunho econômico, caracteriza-se pelo o custo da matéria prima, pois por se tratar de um resíduo que, em geral, é descartado inadequadamente trazendo conseqüentemente impactos ao solo, lençol freático e sistemas biota (D'ARCE, 2005).

O óleo por ser mais leve que a água, fica na superfície, criando uma barreira que dificulta a entrada de luz e a oxigenação da água, comprometendo assim, a base da cadeia alimentar aquática. Além de gerar graves problemas de higiene e mau cheiro, a

presença de óleos e gorduras na rede de esgoto causa o entupimento da mesma, bem como o mau funcionamento das estações de tratamento.

Para Reis et al. (2007), o óleo de cozinha usado retornado à produção, além de evitar a degradação do meio ambiente e os consequentes custos socioeconômicos, também cumpre o papel de evitar o gasto de recursos escassos tais como: ambientais, humanos, financeiros e econômicos.

Em várias cidades do Brasil, parte do óleo residual de fritura acaba sendo despejado diretamente na rede de esgotos trazendo inúmeros problemas para a população de um modo geral, para órgãos públicos e ambientais visto que esse óleo acaba contaminando o solo, e principalmente, os rios que abastecem as cidades litorâneas (FIDELES, 2015).

Tendo em vista as alternativas estudadas, a reutilização de óleos e gorduras vegetais residuais (OGR) de processos de fritura de alimentos tem se mostrado atraente, pois após a sua utilização na cadeia alimentar pode-se reutilizá-lo, aproveitando desta forma, o óleo vegetal residual como uma matéria-prima para produção de um combustível dando assim uma destinação alternativa a este resíduo (NASCIMENTO, 2004).

Baseado nestas informações a pesquisa tem como objetivo geral avaliar as características físicas e químicas, e a eficiência da produção do biodiesel a partir do óleo de cozinha residual usado.

2. Materiais e Método

Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada na Faculdade de Tecnologia Centec Cariri, localizada no município de Juazeiro do Norte – CE. Para o desenvolvimento do estudo utilizou o laboratório de química pertencente ao curso de alimentos e o laboratório de mecânica técnica pertencente ao eixo da indústria.

Figura 1 – Faculdade de Tecnologia Centec



Fonte: Centec

Pré-tratamento

Ao término da coleta os resíduos são encaminhados ao Laboratório de Química pertencente à Faculdade CENTEC Cariri – FATEC, para início do pré-tratamento. No laboratório o óleo é filtrado passando por um tratamento preliminar para a retirada de resíduos de alimentos. O tratamento visa à obtenção de uma matéria-prima purificada, pois qualquer material particulado pode apresentar alterações na reação de transesterificação. A filtração de óleos é freqüente. Após a filtragem a matéria-prima é separada em dois recipientes onde em um se depositam os óleos mais límpidos, pois a filtragem remove apenas as impurezas insolúveis, e muitos dos óleos coletados passam por vários processos de fritura levando a um alto processo degradativo. No segundo são depositados os óleos mais danificados que são utilizados várias vezes no processo de fritura e geralmente apresentam características de alta textura e odor muito forte.

Matéria Prima utilizada na pesquisa

Para fabricação do biodiesel foi utilizado o óleo de reuso (frituras) sendo um óleo proveniente de cozinhas e lanchonetes da região.

Procedimento Experimental

Primeiramente foi separado todos os materiais para preparação do biodiesel como descrito na Figura 2.

Figura 2: Materiais Utilizados



Fonte: Autoria Própria

Foi usado 5g de hidróxido de sódio (NaOH), e inserido em um recipiente de boa vedação figura 3. Em seguida acrescentado 220ml de metanol (CH_3OH) no frasco contendo o hidróxido de sódio, agitando-o até a dissolução completa do hidróxido de sódio.

Figura 3: Hidróxido de Sódio e Metanol



Fonte: Autoria Própria

Após a preparação do metóxido, acrescenta-se 1L de óleo para dentro de um recipiente e aquece até uma temperatura entre 55°C e 60°C , pois com temperaturas maiores o metanol pode evaporar, quando atingir a temperatura acrescentar o metóxido de sódio (Metanol+NaOH) ao óleo continuamente. Conforme figura 4 e 5.

Figura 4: Aquecendo o Óleo



Fonte: Autoria Própria

Figura5: Mistura do Metóxido



Fonte: Autoria Própria

Logo após deixar sair o vapor de metanol que se desenvolveu, e necessário continuar a agitar durante 2 à 3 minutos observando a formação de glicerina no fundo figura 6. É muito importante descartar a glicerina corretamente, pois essa pode ser utilizada para fabricação de sabões, detergentes entre outros.

Figura 6: Agitação do Metóxido + Biodiesel



Fonte: Autoria Própria

Em seguida colocado no funil de decantação conforme a figura 7

Figura 7: Separação da Glicerina do Biodiesel



Fonte: Autoria Própria

Após 24 horas foi realizada a retirada da glicerina, e em seguida foi realizada a lavagem do biodiesel, o que foi em tempo de 12 horas utilizando água têmpera. Conforme a figura 8.

Figura 8: Lavagem do Biodiesel



Fonte: Autoria Própria

Após a lavagem temos o produto final biodiesel. Figura 9.

Figura 9: Biodiesel



Fonte: Autoria Própria

Utilização e especificação do biodiesel no motor

Com o biodiesel pronto a próxima etapa foi levá-lo até a oficina para a realização do teste de bancada (funcionamento do motor) em um veículo da marca Chevrolet, modelo S10, motor Maxion, HS 2.5, onde foi obtido um resultado aceitável, sendo que o motor funcionou continuamente sem apresentar anomalias.

Os testes foram realizados na oficina mecânica CENNAI diesel situado na Rua Ana Carolayne, Localizado em Juazeiro do Norte – CE com o auxílio do técnico do laboratório da Fatec Cariri – CE.

Procedimentos

De início a retirada do filtro para lavagem conforme a figura 10. O filtro foi enchido com biodiesel e colocado no mesmo lugar. Depois uma adaptação de mangueiras pra substituir o tanque de combustível, ver figura 11.

Figura 10 - Retira do Filtro Para Fazer Limpeza



Fonte Autoria Própria

Figura 11: Início do Teste



Fonte: Autoria Própria

Especificações do veículo

MOTOR

Dianteiro, longitudinal, 2.5 litros, 4 cilindros em linha, turbo diesel

Diâmetro x curso 90.7 x 97 mm

Cilindrada 2.505 cm³

Taxa de compressão 19.5

Potência máxima (CV / rpm) 95 / 3.800

Torque máximo (kgfm / rpm) 22,4 / 1.800

TRANSMISSÃO

Câmbio manual de 5 marchas; tração permanente nas quatro rodas

Relação das marchas

1a marcha - 4.4

2a marcha - 2.44

3a marcha - 1.5

4a marcha - 1

5a marcha - 0.81

Ré - 3.94

Redução do diferencial	4.27
FREIOS	
Dianteiros	à discos ventilados
Traseiros	tambores, com ABS (de série)
SUSPENSÃO	
Dianteira	Independente, braços inferior e superior desiguais, barra de torção longitudinal, amortecedor hidráulico e estabilizador
Traseira	Eixo rígido, feixe de molas semi-elípticas de dois estágios e amortecedor hidráulico
DIREÇÃO	
Tipo	setor e sem-fim com esferas recirculantes, com assistência hidráulica
RODAS / PNEUS	
Aço estampado,	7J x 15 / 225/75 R 15
CAPACIDADE DE CARGA	
	1.060 kg
PESO	
	1.920 kg
PESO BRUTO TOTAL	
	2.920 kg
TANQUE DE COMBUSTÍVEL	
	67 litros
DESEMPENHO	
Velocidade máxima	155 km/h
Aceleração de 0 a 100 km/h	15,7 s
CONSUMO CIDADE / ESTRADA (km/l)	
	10,1 / 13,2

Fonte: GM

Parâmetros analisados

Foi realizado durante a fase experimental o teste de densidade por meio de cálculos de laboratório, verificação de pH como também foi realizado o teste de funcionamento do motor em bancada.

3. Resultados e discussão

Densidade

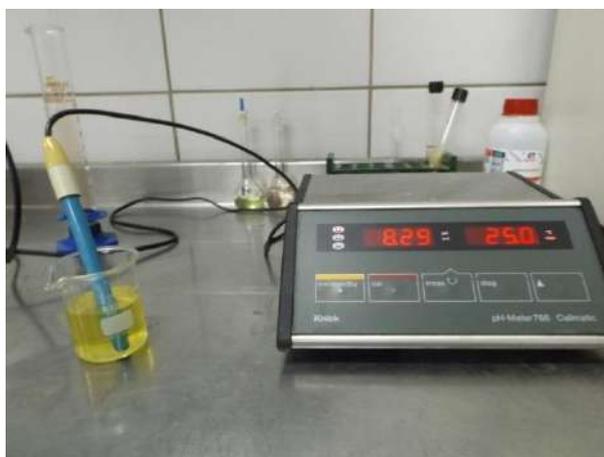
Sabendo-se que a densidade do óleo diesel segundo a ANP deve ser de 0,853kg/l na temperatura de 20°C, encontrou-se um resultado para o biodiesel de 0,866Kg/l nas mesmas condições de temperatura e pressão.

Segundo a agência nacional de petróleo (ANP) a densidade influencia diretamente no consumo e rendimento do motor de combustão, sendo que como a densidade do biodiesel resultou em 0,866kg/l, ressalta-se que para o motor testado terá sua capacidade de potência aumentada devido a massa de combustível injetado ser maior, conseqüentemente seu consumo será maior implicando em um aumento de potência.

Potencial Hidrogeniônico

O pH foi avaliado pelo método utilizando-se de um pHmetro de marca QNICK, modelo pH-METER 766, onde obteve-se um resultado 8,29, conforme figura 12 mostrando que o biodiesel é uma solução alcalina, isso indica também a presença de soda resultante de uma limpeza malfeita, impactando na eficiência, em contrapartida não existe agentes corrosivos no biodiesel, que poderiam desgastar partes internas do sistema de alimentação do motor.

Figura 12 : Verificação do pH



Fonte: Autoria Própria

Teste de Funcionamento do Motor em Bancada

Quanto ao funcionamento, foi contínuo, sem apresentar sinais de falhas no motor, o veículo consumiu todo o combustível e em momento algum teve anomalias em seu funcionamento. A fumaça proveniente da queima apresentou uma coloração branca a

incolor, também não apresentou resíduos de uma queima ineficiente, ou seja, todo combustível foi consumido.

4. Conclusão

Conclui-se que a fim de melhorar a eficiência deve-se melhorar o processo de fabricação, principalmente a lavagem do biodiesel, pois o mesmo apresentou pequenas quantidades de soda cáustica, ou seja, resíduos do catalizador utilizado na separação do biodiesel da glicerina, todavia utilizando-se de um processo meio que artesanal o resultado obtido foi muito satisfatório.

5. Referências

D'ARCE, Marisa A. B. Regitano. **Matérias-primas oleaginosas e biodiesel**. ESALQ/USP, setor de açúcar e álcool, 2005.

DORADO, M. P.; Arnal, J. M.; Gómez, J.; Gil, A.; Lopez, F. J.; *Trans. ASABE* 2002, 45, 519. **the effect of a waste vegetable oil blend with diesel fuel on engine performance** Disponível em: elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=8820&t=2&redir=&redirType= Acesso em 20 dez. 2016

GERHARD KNOTHE, Manual de biodiesel, P.6 E 8. Disponível em: www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia.htm acesso em: 21 dez. 2016

FIDELES, B.W.A. **Biogasolina, tecnologia limpa e barata através do óleo girassol**. 2015. 26 f. curso Técnico em Eletrotécnica. Instituto centro de ensino tecnológico-CENTEC. Faculdades de tecnologia CENTEC-FATEC CARIRI. Disponível em: Biblioteca Raquel de Queiroz.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel**. Brasília. Disponível em: Acesso em: 20 dezembro 2016.

NASCIMENTO, M. G.; COSTA NETO, P. R.; MAZZUCO, L. M. **Biotransformação de óleos e gorduras: Utilização de lípases para obtenção de biocombustíveis**. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v. 33, pp. 27-38, 2004.

OLIVEIRA, Aline Gonçalves de (Org.). **Biocombustíveis**. Disponível em: <http://fontes-de-energia.info/biocombustiveis.html>. Acesso em: 14 nov. 2016.

PARENTE, S. J. E. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, Tecbio, 2003. 68P. Disponível em: <http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf> . Acesso em: 10 dez. 2016

PITTA JUNIOR, O. S. R.; NOGUEIRA NETO, M. S.; SACOMANO, J. B.; LIMA, A. **Reciclagem do óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo**. Key elements for a sustainable world: Energy, water and climate change. 2ns International Workshop – Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brasil, maio.

Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE

The supply of water quality parameters evaluation in Jamacaru district of Missão Velha-CE

Ana Paula Monteiro Carvalho, Janeane Nascimento Silva, Vagner Sales dos Santos, Rafael Rodrigues Ferraz

Faculdade de Tecnologia Centec Cariri - FATEC

Eixo Tecnológico da produção alimentícia – Curso de Tecnologia em Alimento

{annapaula321@hotmail.com, jane_anne82@yahoo.com.br, Vagner_saneamento@yahoo.com.br, rafaeltecalimentos@hotmail.com}

Resumo. O presente artigo teve por finalidade, avaliar a qualidade da água do distrito de Jamacaru-CE em seus aspectos físico-químicos e bacteriológicos, quanto aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde. O desenvolvimento da pesquisa realizou-se em Jamacaru distrito de Missão Velha no Ceará. Para a realização dos testes, foram coletadas três amostras em três pontos distintos. Para avaliação de potabilidade da água, foram realizadas análises bacteriológicas e físico-químicas. Diante dos resultados, os valores de coliformes totais e *E.coli* encontrados nos três pontos de coletas, apresentaram-se em valores muito elevados, quanto aos parâmetros físico-químicos destacou-se o Nitrato nas amostras PC2 e PC3, apresentando valores fora da faixa recomendada pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, sendo um possível indicador de contaminação microbiológica. Em função das condições da qualidade da água constatou-se a necessidade da construção de uma Estação de Tratamento (ETA) para assim poder ser distribuída uma água de boa qualidade até a população.

Palavras-chave: Potabilidade de água. Bacteriológico. Físico-químico

Abstract. *The purpose of this article was to evaluate the water quality of the district of Jamacaru-CE in its physicochemical and bacteriological aspects regarding the potability parameters established by Ministry of Health Ordinance No. 2,914 of 2011. Located in Jamacaru district of Old Mission in Ceará. For the tests, three samples were collected at three different points. To evaluate potability of water, bacteriological and physicochemical analyzes were performed. In view of the results, the values of total coliforms and E. coli found in the three collection points were very high, as for the physical-chemical parameters, the Nitrate was highlighted in samples PC2 and PC3, presenting values outside the range Recommended by Portaria 2,914 of the Ministry of Health, being a possible indicator of microbiological contamination. According to the conditions of the water quality, it was verified the necessity of the construction of a Treatment Station (ETA) in order to be able to distribute good quality water To the population.*

Keywords: *Physical-chemical. Bacteriological. Water potability*

**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade**

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

Água representa, sobretudo, o principal constituinte de todos os organismos vivos. O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos, para garantir a continuidade da vida sobre a terra. Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados, a água deve ser manipulada com racionalidade, de maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência (ONU, 1992).

O conceito primordial de qualidade de água tem por base fundamental a exigência da proteção da mesma à saúde pública. Com objetivo em adotados critérios para assegurar essa qualidade, desenvolvendo ações que se propriamente implementadas junto à população, garantirão a segurança do fornecimento de água através da eliminação ou redução à concentração mínima de constituintes na água conhecidos por serem perigosos à saúde (D'AGUILA et al, 2000). Podem ser incluídos vários processos alterados de qualidade, como contaminações bacteriológica e química, assoreamento e eutrofização. As contaminações são originárias principalmente do lançamento de águas residuais domésticas e industriais em rios e lagos. Por tanto, poluição de um ambiente aquático envolve processos de ordem física, química e biológica (SPERLING,1993).

Mediante as modalidades e abrangência do abastecimento, pode estar incluída uma variedade de arranjos (FERREIRA; PÁDUA,2010).Conforme definido pela Portaria nº 2914/2011Ministério da Saúde, o fornecimento de água às populações pode ser realizado por dois diferentes tipos de instalações: o sistema de abastecimento de água para consumo humano, e a solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano.O sistema de abastecimento de água para consumo humano, define-se como, instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinados à produção e à distribuição canalizada da água potável para às populações, sobe responsabilidade do poder político, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão. Solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano, define-se em toda modalidade de abastecimento coletivo de água do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportado, instalações condominiais horizontal e vertical.

Apesar dos avanços obtidos no abastecimento de água, cerca de 36 milhões de pessoas ainda não têm acesso à água potável na América Latina e, destes, 80% residem em áreas rurais (BAUM; LUH; BARTRAM, 2013). Na zona rural brasileira, o déficit de cobertura de sistemas de tratamento de água e esgoto é grande: quase 67% da população capta água de fontes alternativas, geralmente inadequadas para consumo humano, e 66.5% lançam os dejetos em fossas rudimentares ou diretamente no solo ou nos cursos d'água(IBGE,2013). É importante ressaltar queo efeito da mistura de água de diferentes fontes, tais como uma combinação de poços, fontes superficiais ou ambos, pode influenciar muito na qualidade da água da rede, podendo alcançar o homem através da ingestão diária, pelo o contato do mesmo com a pele ou mucosas, ou através do seu uso em irrigação e na preparação de alimentos (BARCELOS et al., 1998).

O presente artigo tem como objetivo avaliar a qualidade da água do distrito de Jamacaru-CE em seus aspectos físico-químicos e bacteriológicos, quanto aos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde.

2.Revisão de Bibliográfica

2.1.Saneamento rural

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS): Está ligado diretamente ao controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou tem potencial para exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social, com outras palavras, pode-se relacionar o saneamento ao estado de salubridade ambiental, alcançado através de um conjunto de medidas socioeconômicas, o que implica na superação de barreiras, tanto tecnológicas, quanto políticas e gerenciais, que têm anulado a ampliação dos benefícios nesse âmbito, principalmente aos residentes de áreas rurais (FUNASA, 2006).

Água e esgoto constituem um dos mais sérios problemas ambientais, especialmente nos países mais pobres, embora problemas dessa natureza estejam concentrados principalmente em áreas urbanas, não se podem descartar áreas rurais, onde o saneamento é escasso, inexistente ou ineficiente (LARSEN, 2010).

No meio rural e em cidades de pequeno porte e baixa densidade populacional, onde as residências ficam distantes umas das outras, é comum a adoção de tecnologias mais viáveis e simples, onde técnicas urbanas de saneamento quase nunca são apropriadas. A utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que têm dificultado a extensão dos benefícios aos residentes em áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte (FUNASA, 2006). Água potável, higiene e saneamento adequados podem reduzir de um quarto a um terço os casos de doenças diarreicas. Os serviços de abastecimento nas áreas rurais estão bem defasados em relação aos centros urbanos (BRITO et al., 2007). A falta de saneamento básico no meio rural, independente da forma de ocupação, é um fator preocupante por se tratar de constante lançamento de poluentes no meio ambiente (RHEINHEIMER et al., 2003 apud CASALI, 2008).

O usuário tem, portanto, um papel importante na garantia da continuidade da qualidade da água no interior do domicílio. Deve-se dar especial atenção às tubulações, reservatórios e equipamentos de tratamento de água, bem como às práticas de higiene domiciliares (SILVA et al., 2009).

A análise de qualidade da água é de extrema importância para sua utilização uma vez que concentrações anômalas de determinado elemento podem causar prejuízos à saúde pública e ao meio ambiente (CRUZ et al., 2007), mesmo quando se trata de águas minerais em conteúdos ou vasilhames mal acondicionados (CUNHA et al., 2012).

É necessário, portanto, como nos sistemas convencionais urbanos (CUNHA et al., 2012), o monitoramento constante da sua qualidade. Neste aspecto, o meio rural é crítico, porque a população, na sua maioria, não é abastecida por empresas de saneamento e a água, vem de sistemas de abastecimento normalmente alternativos, sem receber tratamento físico e/ou químico adequado (CASALI, 2008).

Acredita-se que o desenvolvimento de um trabalho de educação sanitária junto à população do meio rural, aliada à adoção de medidas preventivas visando à preservação das fontes de água e o tratamento das águas já comprometidas, juntamente com técnicas de tratamento de dejetos, possam ser consideradas as ferramentas necessárias para diminuir ao máximo possíveis riscos de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica.

Com falta de saneamento básico, a população é vulnerável à contaminação dos recursos hídricos, sua principal fonte de captação, devido ao convívio simultâneo entre a necessidade de obtenção do recurso e ao mesmo tempo o desconhecimento dos riscos decorrentes do despejo direto de seus resíduos sobre fontes de águas superficiais (ROHDEN et al., 2009).

2.2.Água de abastecimento

A água necessita de cuidados, pois pode conter elementos químicos, microrganismos e as mais variadas substâncias, devendo haver tratamento adequado para eliminação destes para que não haja interferência negativa na saúde humana. Além dos mananciais superficiais, os subterrâneos também têm sido afetados pela ação antrópica, deteriorando sua qualidade e acarretando sérios problemas de saúde pública em localidades onde o saneamento não é adequado (DI BERNARDO, 2005 apud LARSEN, 2010). A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, deve estar isenta de organismos patogênicos e de substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e promover o bem estar das pessoas (ZANCUL, 2006). Quanto ao panorama atual das condições de saneamento no meio rural, os dados da PNAD mostram que ainda são graves as desigualdades no acesso aos serviços de abastecimento de água entre os habitantes das áreas rurais.

No âmbito rural, a questão do fornecimento de água se difere de regiões urbanizadas com população mais concentrada. Utilizam-se soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, distintas do sistema de abastecimento de água encontrado nos grandes centros (FUNASA, 2006). As populações rurais ressentem-se de fato que a adequada captação e uso da água é sabidamente mais negligenciada do que nos grandes centros urbanos (ROCHA et al., 2006).

No meio rural, as principais fontes de abastecimento de água são os poços rasos e nascentes, fontes bastante susceptíveis a contaminação (AMARAL et al., 2003). De acordo com o manancial a ser aproveitado (FUNASA, 2006): superfície de coleta (água de chuva); caixa de tomada (nascente de encosta); galeria filtrante (fundo de vales); poço escavado (lençol freático); poço tubular profundo (lençol subterrâneo); tomada direta de rios, lagos e açudes (mananciais de superfície).

2.3.Doenças de veiculação hídrica

No Brasil, estima-se que 60% das internações hospitalares estejam ligadas a precariedade do saneamento básico, diminuindo, assim, a expectativa de vida da população. Outros estudos indicam que 90% dessas doenças se devem a ausência de água em quantidade satisfatória ou qualidade imprópria para consumo, sendo que, no país, essa situação tem sido comumente encontrada (DI BERNARDO, 2005 apud LARSEN, 2010). De várias maneiras a água pode afetar a saúde do homem: pela ingestão direta, na preparação de alimentos; na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais ou nas atividades de lazer

2.4. Parâmetros de qualidade da água

Atualmente, a água encontrada na natureza é em geral inapropriada para o consumo humano, devido presença de uma série de contaminadores que podem ser prejudiciais à saúde (RICHTER, 2009). Sendo que, na maior parte das vezes, estes contaminadores são resultantes de atividades do próprio homem (que contamina a água com esgoto, lixos, pesticidas agrícolas, fertilizantes e outros). Desta forma, o homem criou maneiras de retirar a água dos cursos d'água, tratá-la e posteriormente distribuí-la para consumo (PEREIRA, 2012).

Até meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada essencialmente através das suas características organolépticas, tendo como base o senso comum de que se apresentasse límpida, agradável ao paladar e sem odor desagradável. No entanto, esse tipo de avaliação foi se revelando falível em termos de proteção contra microrganismos patogênicos e contra substâncias químicas perigosas presentes na água. Tornou-se, assim, imperativo estabelecer normas paramétricas que traduzissem, de forma objetiva, as características que águas destinadas ao consumo humano deveriam obedecer (MENDES, 2006).

Para tanto, é necessário que atenda ao padrão de potabilidade, que são as quantidades limites que, com relação aos diversos elementos, podem ser toleradas na água de abastecimento, quantidades definidas geralmente por decretos, regulamentos ou especificações (RIGOBELLO et al., 2009).

No Brasil, a Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde dispõe sobre: Os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Segundo essa norma, toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita a vigilância da qualidade da água. São designados valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de qualidade da água de consumo humano (BRASIL, 2011).

No seu artigo 7º ressalta: "Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS) promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água" (BRASIL, 2011).

Por sua vez a Portaria supracitada em seu Art. 12º, parágrafo V, delega às Secretarias de Saúde dos Municípios "garantir informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados". Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos a ser analisado neste estudo têm suas peculiaridades e nos permite caracterizar aspectos relevantes da qualidade da água.

2.5. Físico-químicos

As características físicas da água, normalmente são de fácil determinação, sendo as principais: cor, turbidez, odor, sabor, temperatura e condutividade elétrica. Sendo estes parâmetros importantes na determinação da utilização da água, principalmente na verificação de potabilidade da mesma (LARSEN, 2010).

A análise físico-química da água determina de modo preciso e explícito algumas características da amostra em questão, e assim é vantajosa para se avaliar a qualidade da água (CRUZ et al., 2007) Dentre as substâncias encontradas na água, o composto nitrogenado em seus diferentes estados de oxidação (nitrogênio amoniacal,

nitrito e nitrato) pode apresentar riscos à saúde humana. A presença do nitrogênio na água pode ser de origem natural, como matéria orgânica e inorgânica e chuvas; e antrópica, como esgotos domésticos. O nitrato, um dos mais encontrados em águas naturais, apresenta-se em baixos teores nas águas superficiais, podendo alcançar altas concentrações em águas profundas, como nas fontes minerais, por ser altamente lixiviante nos solos, contaminando corpos d'água e aquíferos subterrâneos (ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

Metais também podem comprometer a qualidade da água. Silva (1997) afirma que a intoxicação por metais se desenvolve lentamente e muitas vezes só pode ser identificada após anos ou décadas, e sua presença reduz a capacidade autodepurativa da água devido à ação tóxica sobre os microrganismos que realizam esse processo.

2.6. Microbiológicos

Milhares de seres vivos são encontrados na água, desde a escala macroscópica (peixes, moluscos, algas, etc) à microscópica (vírus, bactérias, algas, etc). Contudo, os seres vivos de maior interesse no tratamento de água podem ser citados como bactérias, vírus, protozoários, vermes, algas (RICHTER, 2009).

Segundo Richter (2009), normalmente os micro-organismos são de considerável importância no controle da qualidade da água e a maioria é benéfica, especialmente na autodepuração de um corpo d'água. Entretanto, algumas espécies são responsáveis por doenças como febre tifóide, sabor e odor na água, corrosão de estrutura de concreto ou de metais. Os parâmetros microbiológicos exigidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, são de coliformes totais, coliformes termotolerantes ou *Escherichia coli*. Numericamente, as amostras de água de fontes alternativas destinadas ao consumo humano podem ter a presença de coliformes totais, desde que haja a ausência de *E.coli*/100 mL, devendo ser monitorada a origem da ocorrência da provável contaminação e providenciar as medidas corretivas e preventivas (BRASIL, 2011). Coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (BRASIL, 2004).

Coliformes termotolerantes - subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal (BRASIL, 2004). *Escherichia Coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidrolisa a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (BRASIL, 2004). Os coliformes fecais, mais especificamente *E.coli*, fazem parte da microbiota intestinal do homem e outros animais de sangue quente. Estes microrganismos quando detectados em uma amostra de água fornecem evidência direta de contaminação fecal recente, e por sua vez podem indicar a presença de patógenos entéricos (POPE et al, 2003 apud DUARTE, 2011; CUNHA, et al., 2012).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O desenvolvimento da pesquisa realizou-se em Jamacaru distrito de Missão Velha no Ceará, localizado no sopé da Chapada do Araripe, com cerca de **10.107 habitantes**(CENSO,2010),rico em belezas naturais e fontes de águas é considerado um oásis na microrregião do Cariri,sul do Ceará.Para o estudo utilizou-se uma abordagem analítica,prospectiva,quantitativa e qualitativa.

3.2. Coletas de amostra

Para a realização dos testes, foram coletadas três etapas de amostras em três pontos distintos, entre os meses de abril e maio de 2016, com intervalos de 15 dias entre as coletas. As amostras foram classificadas em: PC1(Água encanada)situada em uma cozinha residencial; PC2(Cisterna) situada em uma calçada residencial;PC3 (Caminhão pipa) num reservatório situado em ponto de acesso à população proveniente de caminhão pipa.Todos os procedimentos analíticos utilizados e realizados encontram-se descritos em *American Public Health Association / StandartMethods For The ExaminationofWaterandWastewater*(APHA, 2005), e desenvolvidos nos laboratórios LAEE e LAMAE da faculdade de tecnologia CENTEC-FATEC-Cariri, do instituto Centro de Ensino Tecnológico- CENTEC.

3.3. Monitoramento da água

As análises bacteriológicas e físico-químicas seguiram os parâmetros que determinam o padrão de potabilidade de água recomendado pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os testes bacteriológicos foram desenvolvidos no Laboratório de Análises Microbiológicas de Água e Efluentes – LAMAE do Instituto CENTEC, quanto à presença de bactérias dos grupos coliformes totais e *E.Coli*, adotou-se a técnica dos tubos múltiplos por determinação do número mais provável (NMP/100ml), com a utilização do meio de cultura.O tempo entre a coleta e a chegada ao laboratório com as amostras de água destinadas à análise microbiológica, foram no prazo dentro das 24 horas para que não ocorressem comprometimento dos resultados. As análises Físico-químicas foram desenvolvidas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Água e Efluentes – LAEE, do Instituto CENTEC. Os parâmetros para a avaliação de potabilidade foram: pH; cloretos; turbidez; amônia; cloro; nitrato; nitrito; dureza; alumínio; manganês; ferro; SDT, suficientes para monitorar e averiguar a qualidade da água distribuída para consumo humano, certificando-se de que a água distribuída é de confiança, se está isenta de microrganismos ou substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde das pessoas.

4. Resultados e discussão

4.1. Parâmetros Microbiológicos

A Tabela 1 dispõe os resultados das análises laboratoriais, onde determinaram níveis de contaminação microbiana elevados, indicando o total de bactérias por unidade de amostras.

Tabela 01. Valores do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *E. Coli* obtidos nas amostras analisadas.

Parâmetro		PC1	PC2	PC3	VMP PORTARIA nº 2.914 de 2011
Colif. Total (NMP/100ml)	1c	>1,6x10 ³	>1,6x10 ³	>1,6x10 ³	Ausência para 100 ml
	2c	>1,6x10 ³	3,5x10 ²	3,5x10 ²	
	3c	>1,6x10 ³	>1,6x10 ³	>1,6x10 ³	
<i>E. Coli</i> (NMP/100ml)	1c	1,6x10 ³	>1,6x10 ³	>1,6x10 ³	Ausência para 100 ml
	2c	1,6x10 ³		1,6x10 ³	
	3c	1,6x10 ³	1,6x10 ³	4,7x10 ³	
			1,6x10 ³		

Fonte: Autor deste trabalho

Quanto aos aspectos bacteriológicos, em todos os pontos analisados encontram-se em elevadas concentrações de coliformes totais e *E.Coli* (Tabela 01), apresentando-se em desacordo com os padrões estabelecidos pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Resultados já esperados, pois trata-se de uma água bruta não passando por nenhum tipo de tratamento químico para desinfecção. Também se observou más condições de transporte e armazenamento dessa água bruta.

Para Elpo, Gomes e Espínola (2009), a presença de bactérias coliformes em uma amostra de água pode-se considerar que ela recebeu matéria fecal e passa a ser potencialmente perigosa a saúde humana, pelo fato de ser capaz de veicular microrganismos patogênicos intestinais, que são também eliminados habitualmente com as fezes.

Segundo Madruga et al (2008), outros autores observaram poluição microbiológica em pequenas e micro bacias com ocupação urbana, constatando que em todos esses trabalhos a contaminação está relacionada com o lançamento de esgoto sem tratamento nos corpos d'água, como também, devido ao lançamento de efluentes

domésticos e indústrias sem tratamento. De acordo com Amorim e Porto (2001), os quais verificaram resultados semelhantes em amostras de água destinadas ao consumo humano em cisternas, realizados no município de Petrolina-PE, todas as amostras analisadas apresentaram coliforme termotolerantes. Resultados evidenciam riscos à saúde da população consumidora dessas águas, principalmente daquelas que não fazem nenhum tipo de tratamento.

4.2. Parâmetros Físico-químicos

A tabela 2 exposta, traz a avaliação dos parâmetros físico-químico mediante as faixas de variações entre as amostras, seguindo a normativa vigente, a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qual recomenda valores máximos permissíveis para padrão de potabilidade da água.

Tabela 02. Valores médios e faixa de variação dos valores mínimos (MIN) e máximos (MAX) dos parâmetros analisados.

Parâmetro	Avaliação	PC1	PC2	PC3	VMP PORTARIA 2.914/2011 MDS
PH	MED	6,12	6,03	6,40	6,00 – 9,50
	MIN – MAX	5,65 – 6,45	5,5 – 6,30	- 6,02 – 6,60	
CLORETOS (mg/L)	MED	19,6	30	54,65	250,00
	MIN – MAX	16,5 – 22,49	15,49 – 56	49,48 – 57,98	
DUREZA (mg/L)	MED	48	47,33	79,33	500,00
	MIN – MAX	6 – 118	8 – 106	20 – 108	
NITRATO (mg/L)	MED	1,91	8,8	5,99	10,00
	MIN – MAX	0,42 – 3,69	1,44 – 13	0,93 – 11,20	
TURBIDEZ (mg/L)	MED	0,54	0,54	1,66	5,00
	MIN – MAX	0,02 – 1,30	0,02 – 1,30	0,28 – 3,80	
STD (mg/L)	MED	152	182	368	1.000,00
	MIN – MAX	211 – 93	240 – 120	- 483 – 210	
FERRO (mg/L)	MED	0	0	0	0,30
	MIN – MAX				
AMÔNIA (mg/L)	MED	0	0	0	1,50
	MIN – MAX				
NITRITO (mg/L)	MED	0	0	0	1,00
	MIN – MAX				

ALUMINIO (mg/L)	MED MIN - MAX	0	0	0	0,20
MANGANÊS (mg/L)	MED MIN - MAX	0	0	0	0,10
CLORO (mg/L)	MED MIN - MAX	0	0	0	0,20 - 2,00

Fonte: Autor deste trabalho

•pH

De acordo com os valores médios de pH na tabela 02, os três pontos de coleta apresentaram uma faixa de variação semelhante entre 6,12(PC1), 6,03(PC2) e 6,40(PC3) mantendo-se na neutralidade sendo, adequado ao consumo humano conforme a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Para a adequada manutenção de vida aquática o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9. Porém existem várias exceções a essas recomendações provocadas por influência naturais como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Este parâmetro é responsável pela a indicação da qualidade da água relacionado à acidez, neutralidade e alcalinidade. O pH da água depende de sua origem natural como a dissolução de rochas, fotossíntese ou antropogênica pela introdução de efluentes industriais e domésticos. Os valores do pH podem também influenciar na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, bem como contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e definir o potencial de toxicidade de vários elementos (BERNARDO e PAZ, 2008).

•Cloretos

A Tabela 02, apresentou quanto ao parâmetro cloretos valores médios nos pontos PC1 (19,6 mg/L), PC2 (30 mg/L) e PC3 (54,65 mg/L) em acordo com a Portaria 2.914 / 2011 do Ministério da Saúde a qual estabelece valores de até 250 mg/L. As concentrações de cloretos são advindas da dissolução de sais, podendo, em altas concentrações, imprimir um sabor salgado a água, podendo também indicar a presença de águas residuárias. Todas as águas naturais possuem, em graus distintos, um conjunto de sais em solução, sendo que as águas subterrâneas possuem, em geral, teores mais elevados dos que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. A quantidade e tipo de sais presentes na água subterrânea dependerão de fatores como: meio percolado, tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, fonte de recarga do aquífero e do clima da região (AGUIAR et al., 2006).

•Dureza Total

De acordo com a tabela 02, o parâmetro supracitado apresentou valores médios nos pontos PC1 (48 mg/L), PC2 (47,33 mg/L), PC3 (79,33) em acordo com a Portaria 2.914 / 2011 do Ministério da Saúde a qual estabelece valores de até 500 mg/L. O mesmo estando em excesso pode causar incrustações nas tubulações vindo a causar entupimentos gerando transtornos e prejuízo econômico. A dureza na água é uma propriedade iônica que revela a capacidade que a água tem de consumir e/ou neutralizar o sabão em função da presença dos íons de cálcio e magnésio. Normalmente ela é representada em função das concentrações de carbonato de cálcio e magnésio definindo, portanto, a dureza de carbonatos (dureza temporária). Já na dureza permanente, os carbonatos constituem a dureza resultante dos íons cloretos e sulfatos, a qual é produzida pelos íons de cálcio e magnésio que se combinam com os íons de sulfatos, cloretos e outros. Segundo CUSTODIO & LLAMAS (1983), a somatória das durezas temporárias e permanentes representam a dureza total. O grau de dureza da água é definido em função da sua concentração em mg/L de CaCO₃.

•Nitrato

Diante dos resultados expostos na tabela 02, onde apresentou valores de Nitrato em média nos pontos PC1 (1,01 mg/L), PC2 (8,8 mg/L) e PC3 (5,99 mg/L) em acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, porém, nos pontos de coleta PC2 e PC3, observou-se valores máximos de 13,0 e 11,20 respectivamente, estando em desacordo com a portaria supracitada, o que sugere uma possível contaminação difusa por efluente doméstico ou industrial ou até mesmo higienização inadequada/inexistente no caminhão pipa (PC3) e na cisterna (PC2). Segundo Braga (2014), relata que o nitrato é encontrado de forma natural na água e no solo em baixas concentrações. Considerado um indicador de poluição difusa, porque não apresenta um foco de poluição, por possuir uma grande mobilidade no solo alcançando o manancial subterrâneo ali se depositando. Segundo Vertoni e Gallo (1994), sua presença em águas para abastecimento público pode acarretar problemas relacionados a saúde, decorrente da ingestão excessiva do nitrato, podem-se citar; a metemoglobinemia, está se dá principalmente em crianças; e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas, e outras doenças de efeitos a curto ou longo prazo.

•Turbidez

A turbidez nos três pontos analisados como mostra na tabela 02, com valores médios de 0,54 mg/L (PC1), 0,54 mg/L (PC2) e 1,66 mg/L (PC3) encontram-se dentro do limite estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, onde descreve o valor de 5,0 NTU como o máximo permitido para qualquer ponto da rede de distribuição. Segundo Apha (2005), a turbidez da água é atribuída as partículas sólidas em suspensão, que diminuem a claridade e reduzem a transmissão de luz do meio. Sofrem influência na presença de detritos orgânicos e outras substâncias como o zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de

escoamento superficial ou da ação antrópica, como lançamentos de esgotos e efluentes das atividades industriais. Dellamatrice (2005), relata que no tratamento de água, a turbidez pode reduzir a eficiência da cloração, pela proteção física dos microrganismos do contato direto com os desinfetantes.

•Sólidos Totais Dissolvidos

De acordo com os resultados obtidos nos três pontos analisados como mostra na tabela 02, com valores médios de 152 mg/L (PC1), 182 mg/L (PC2) e 368 mg/L (PC3) encontram-se dentro do limite estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, onde cita o valor de 1000 mg/L como aceitável para o consumo humano. Logo observou-se que os baixos valores encontrados se dão devido a relação direta com os baixos valores obtidos nos parâmetros de Cloretos, Dureza e Turbidez, valores estes que poderiam ser minimizados com a utilização de filtros para a remoção de partículas em suspensão que ainda estão presentes na água (Turbidez). De acordo com Probst e Suchet (1992), nas águas naturais os sólidos dissolvidos estão constituídos principalmente por carbonos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos de cálcio, magnésio e potássio. Os minerais contidos nas águas naturais podem ser diluídos (águas de chuva) ou aumentados pela adição de dejetos industriais, lançamentos de esgotos, afetando diretamente na qualidade organoléptica da água.

•Ferro e Manganês

Segundo a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qual estabelece os padrões de potabilidade para água de consumo humano cita o valor máximo permitido para manganês de 0,10 mg/L, e para ferro 0,30mg/L, logo, observou - se que os pontos PC1, PC2 e PC3 apresentaram valor 0,0 mg/L (ausência) como mostra na tabela 02, enquadrando-se na legislação 2.914/2011.Segundo Macêdo (2001), os elementos ferro e manganês, por apresentarem comportamento químico semelhantes, podem ter seus efeitos na qualidade da água abordados conjuntamente. Encontrados nas águas naturais, eles podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas ou em vasos sanitários) ou prejudicar determinados usos industriais da água.

•Nitrogênio Amoniacal

De acordo com o parâmetro analisado os pontos PC1, PC2 e PC3 apresentaram valor 0,0 mgNH₃/L, estando assim em conformidade com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qual estabelece o valor máximo permitido para Nitrogênio Amoniacal de 1,5 mg/L.Segundo Brigante e Espindola (2013),o nitrogênio amoniacal constitui-se na somatória da amônia (NH₃) com íon amônio (NH₄⁺), encontrados naturalmente nas águas superficiais ou subterrâneas resultantes da decomposição da matéria orgânica, em altos níveis indicam poluição doméstica ou industrial, e quando se encontram em condições fortemente alcalinas, ocorre a predominio da amônia livre, que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos.

•Nitrito

De acordo com os pontos analisados PC1, PC2 e PC3 constatou-se que todas as amostras analisadas apresentaram valor de 0,0 mgN- NO_2^- /L, se encontrando em conformidade com a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, a qual estabelece o valor máximo permitido para Nitrito de 1,0 mg/L. O nitrito pode ser encontrado na água como produto da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros microrganismos sobre o nitrogênio amoniacal, ou ser provenientes de ativos inibidores de corrosão em instalações industriais. Segundo Gadelha et al. (2005), o nitrito é um parâmetro simples, mas de fundamental importância na verificação da qualidade da água para consumo, sua presença é um indicativo de contaminação recente, procedente de material orgânico vegetal ou animal.

•Alumínio

Conforme o parâmetro analisado nos três pontos PC1, PC2 e PC3 como mostra na tabela 1, apresentaram valor de 0,0 mgAl/L, logo encontram-se de acordo com o limite estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, onde é descrito o valor de 0,20 mgAl/L. A presença do alumínio na água pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo PH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, material orgânico e outros ligantes. A principal via de exposição humana é pela ingestão de alimentos e água. O alumínio não apresenta indicações de toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, medicamentos e água potável, como também não há indicação de carcinogenicidade (CETESB, 2010).

•Cloro

Nos três pontos analisados, observou-se a ausência do cloro, apresentados na tabela 02 com valores de 0,00 mg/L, sendo que a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, estabelece valores compreendidos entre 0,2 e 2,0 mg/L para presença do cloro na água de consumo humano. A ausência de cloro residual nas amostras pode acarretar um potencial risco à saúde da população, devido à inexistência de uma ação bactericida eficaz. De acordo com Salgado (2008) e Heller (2006), a concentração elevada de cloro pode causar sabor e odor desagradáveis, bem como problemas à saúde devido à possibilidade de geração de subprodutos com potencial carcinogênico.

4. Conclusão

Diante dos resultados, os valores de coliformes totais e *E. Coli* encontrados nos três pontos de coleta, apresentaram-se muito elevados, que podem ter sido causados devido à inexistência de cloro na água o qual é responsável pela desinfecção da mesma. A portaria estabelece que a simples presença de bactérias desse grupo em água destinada ao consumo humano descartam o seu uso como potável. Quanto aos

parâmetros físico-químicos, destacou – se apenas o Nitrato nas amostras PC2 e PC3, apresentando valores fora do padrão permitido pelos limites da legislação 2.914/2011, sendo um possível indicador de contaminação microbiológica.

Em função das condições da qualidade da água de abastecimento alternativo encontradas nas análises físico-químicas e bacteriológicas, constatou-se a necessidade de construção de uma Estação de Tratamento (ETA) antes do uso como água de abastecimento, de modo a atender aos padrões de potabilidade, para assim poder chegar a população uma água de boa qualidade para o consumo, atendendo as Normas Vigente.

Referências

AGUIAR, P. F, et alli.- Hidroquímica e qualidade ambiental das águas dos aquíferos costeiros do município de Beberibe. Ceara, Brasil. **Revista de Geologia**, V. 19. n 2, p 241-251, 2006 www.revistadegeologia.ufc.br.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water wastewater**. 21. Ed. Washington: APHA, 2005.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). **Standard methods for the examination of water and wastewater**; 19th ed. Washington, D, C., 1998.

ARAÚJO, G. F. R. et al. Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. **O Mundo da Saúde**, v.35, n.1, p. 98-104, 2011.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, v. 32, n. 2, p. 160-165, 1998.

AMORIM, M. C. C. de; PORTO, E. R. Avaliação da qualidade bacteriológica das águas de cisternas: estudo de caso no município de Petrolina-PE. IN: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 3. 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: ABCMAC. 2001. CD-room.

BARCELLOS, C.; et al., 1998. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: Análise de riscos à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando sistemas de informações geográficas. **Cadernos de Saúde Pública**, V. 14, p. 597-605, 1998.

BRITO, L. T. L.; AMORIM, M. C. C.; LEITE, W. M. **Qualidade de água para consumo humano**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p. 16, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 2011, Seção 1, do dia 26 seguinte, página 266.

BAUM, R.; LUH, J.; BARTRAM, J.; SANITATION: **A global estimate of sewerage connections without treatment and the resulting impact on MDG progress.** *EnvironSci Technol*3. V. 47, n. 4:1994-2000. 2013.

BRAGA, N. S. **Perfil de nitrato em poços tubulares profundos do aquífero Rio da Batateira.** 2014. 42 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental) – Fatec Cariri, Juazeiro do Norte –CE, 2014.

BERNARDO, L.D.; PAZ, L.P.S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** Vol1. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008, 878p.

BRIGANTE, J.; ESPINDOLA, E.L.G. **Limnologia fluvial:** um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RIMA, 2003. 278 p.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul.** Santa Maria - RS, 2008.

CETESB- (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Variáveis de Qualidade das águas.** São Paulo, 2010.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. 1983. **Hidrologia Subterranea.** Barcelona, Ômega, v. 2.

CRUZ, P. et al. Estudo comparativo da qualidade físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência dos rios Poti e Parnaíba em Teresina/PI. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CONNEPI, 2007.

CUNHA, A. C. et al. Simulação da Hidrodinâmica, Dispersão de Poluentes e Análise de Respostas de Estações Virtuais de Monitoramento no Rio Matapi - AP. **Revista de Estudos Ambientais** (Online), v. 13, n.2, p. 18-32, 2011.

D'AGUILA, et al. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguacu.** Cadernos de Saúde Pública, v.16, n.3, p.791-798. jul. /set. 2000.

DELLAMATRICE, P. M. **Biodegradação e toxinas de corantes têxteis e efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana.** SP. 2005. 137 f. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ELPO, E. R. S.; GOMES, E. C ESPINOLA, H. M. **Análise Bacteriológico da água na Universidade Federal do Paraná-**Subsede do Setor de Ciências da Saúde, Jardim Botânico- Campus III. 26 set. 2009.

FERREIRA, A. C. S.; PÁDUA, V. L. Qualidade da água para consumo humano. In:HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2.ed.Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. V.1.p151-217.

FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.

GADELHA, F. J. S. *et al.* **NITRITO**. 2005. Disponível em: <http://www.sbpnet.org.br/livro/57ra/programas/senior/RESUMOS/resumo_266.html>. Acesso em: 11 de abril, 2014.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por amostra de domicílio: Síntese dos Indicadores 20125**. Rio de Janeiro: IBGE; 2013.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR**. 2010. 182 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MADRUGA F. V.; et al.Avaliação da influência do Córrego dos Macacos na Qualidade da Água do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu –SP. **Engenharia Ambiental**. V.5, n. 2, p. 152-168,2008.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**. São Paulo: Editora Varela, 2001.

MENDES, C. G. N. Tratamento de águas para consumo humano - Panorama mundial e ações do PROSAB. In: PÁDUA, V. L. (Coord.). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES. 504 p. 2006.

BRASIL.Ministério da Saúde. Portaria Nº21. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*21. 2011; 13 dez.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. [S.l]: ONU, 1992.

POPULAÇÃO total de todos distritos do Ceará conforme censo 2010. Disponível em: <<http://aurelioschmitt.blogspot.com/2011/05/populacao-total-de-todos-distritos-do.html>> Acesso em: 15 de junho de 2016.

PROBST, J.L.; SUCHET, A.P. Fluvial suspended sedimenttransporte mechanical erosion the Maghreb, North Africa. **Journaldês Sciences Hidrolongiques / Hydrological Sciences Journal**, Oxford, v.37, n. 6, p. 624-637, 1992.

PEREIRA, L. D. A. De onde vem a água que nós bebemos?. **Revista Eletrônica de Ciências**. n. 50, 2012. Disponível em: <http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_50/agua.html>

ROCHA, C. M. B. M. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno de Saúde Pública**, v.22, n 09, p 1967-1978, 2006.

ROHDEN, F. et al. Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do Extremo Oeste de Santa Catarina. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.14, n.6, p. 2199-2203, 2009.

RIGOBELLO, E. C. et al. Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, v. 7, n. 2, p. 219-224, 2009.

SALGADO, S.R.T. **Estudo dos parâmetros de decaimento do cloro residual em sistema de distribuição de água tratada considerando vazamento**. 2008. 161f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) -Escola de Engenharia de São Carlos, 2008.

SILVA, M. O. S. A. **Análises físico-químicas para controle das estações de tratamento de esgoto**. São Paulo: CETESB; 1997

SPERLING, E.V. Considerações sobre a saúde de ambientes aquáticos. **Bio Rev.** 1993; v.2, n. 3., p.53-56, 1993.

SILVA, S. R. et al. O cuidado domiciliar com a água de consumo humano e suas implicações na saúde: percepções de moradores em Vitória (ES). **Eng. Sanit. Ambient.**, v.14, n.4, p. 521-532, 2009.

VERTONI, P. C.; GALLO, C.R. **Utilização de cloradores por difusão em poços rasos**: cisternas para garantia da potabilidade da água. Piracicaba SP: ESALQ, SEBRAE, 1994. 66 p.

Aspectos físico-químicos do efluente do sistema de filtros anaeróbios utilizado na irrigação da cultura do feijão caupi

Physical and chemical filters system wastewater anaerobic aspects used in irrigation bean culture cowpea

Daniel Albuquerque Castros, Lyndyane Dias Martins, Andréia Amaro Nascimento, Eliane Silva de Lima Farias, Vagner Sales dos Santos

Faculdade de Tecnologia Centec – FATEC Cariri

Eixo Meio Ambiente e Saúde – Curso de Pós Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

{albuquerqueDanielsilva509@gail.com, dia_lm@outlook.com, eliane_silva_21@hotmail.com, , andreaamaro002@gmail.com, Vagner_saneamento@yahoo.com.br}

Resumo. O trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade físico-química do efluente do filtro biológico para o reúso agrícola como fonte de nutriente na cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). O estudo foi desenvolvido na estação de tratamento de esgoto da Faculdade de Tecnologia Centec– FATEC Cariri, o sistema de tratamento é composto por quatro decanto digestores ou tanques sépticos, quatro filtros anaeróbios e uma unidade de desinfecção (tanque de contato). No efluente tratado de filtros anaeróbios, foram analisados parâmetros como cloretos, pH, temperatura, ferro, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade. A qualidade físico-química do efluente do filtro anaeróbio, com relação aos parâmetros cloretos, condutividade elétrica e alcalinidade não atendeu aos padrões estabelecidos para a prática do reúso agrícola. A utilização da água de esgoto doméstico tratado possui influência positiva nas variáveis de produção. Oferecendo uma fonte hídrica ecologicamente mais sustentável para a irrigação do feijão-caupi.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* L. Walp; Reuso; Água; Efluente

Abstract. The objective of this work is to evaluate the physical-chemical quality of the biological filter effluent for agricultural reuse as a nutrient source in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). The study was developed at the sewage treatment plant of the Faculty of Technology Centec- FATEC Cariri, the treatment system consists of four decant digesters or septic tanks, four anaerobic filters and a disinfection unit (contact tank). In the treated effluent of anaerobic filters, parameters such as chlorides, pH, temperature, iron, electrical conductivity, total dissolved solids, alkalinity were analyzed. The physical-chemical quality of the effluent of the anaerobic filter, with respect to the parameters chlorides, electrical conductivity and alkalinity did not meet the established standards for the practice of agricultural reuse. The use of treated domestic sewage water has a positive influence on the production variables. Offering an ecological source more sustainable for the irrigation of cowpea.

Key words: *Vigna unguiculata* L. Walp; Reuse; Water; Effluent; Agriculture

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>
E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



1. Introdução

A irrigação é responsável pelo consumo de 50 a 85% dos recursos hídricos disponíveis o que justifica procura de métodos mais eficientes de irrigação e fontes alternativas de recursos hídricos, como a utilização de águas residuárias, para diminuir a competição por água (CAPRA; SCICOLONE, 2007).

A prática do reúso planejado de águas residuárias domésticas tratada na agricultura vem sendo apontada como excelente medida para atenuar o problema da escassez hídrica no semi-árido, especificamente nas áreas circunvizinhas às cidades. Nas últimas décadas, é crescente a utilização de esgotos tratada na agricultura, visto que se tem revelado como fonte natural de fertilizantes que garantem boa produtividade das culturas irrigadas. Contra isto, entretanto, pesam os aspectos sanitários dessas águas (SOUSA; LEITE, 2003).

As águas residuárias domésticas, quando utilizadas sem tratamento adequado, podem contaminar o ambiente por concentrarem bactérias, parasitas e vírus que criam graves problemas de saúde pública, uma vez que propagam enfermidades de veiculação hídrica (METCALF; EDDY, 1991), que podem afetar não só os trabalhadores mas, também, os prováveis consumidores das culturas irrigadas, incluindo-se, entre estes os animais que se alimentam de pastagem irrigada com esgotos; portanto, o reúso de água residuária doméstica nessas condições, apresenta riscos potenciais à saúde pública (HESPANHOL, 2003; CAPRA; SCICOLONE, 2007; HERPIN et al., 2007), razão pela qual os esgotos domésticos, antes de serem utilizados na agricultura, requerem tratamento prévio que, por sua vez, demanda a necessidade de se desenvolver tecnologias de baixo custo.

A qualidade sanitária de um efluente depende do grau de tratamento efetuado e da exigência para seu uso. A segurança poderá ser obtida a partir de um pós-tratamento do efluente. A utilização de Lagoas de Estabilização é o melhor método de tratamento terciário para esgoto sanitário, quando se objetiva produzir efluentes com padrões adequados para uso irrestrito na agricultura (WHO, 1989).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade físico-química da água de abastecimento e o efluente tratado do filtro biológico para o reúso agrícola.

2 – Materiais e métodos

O experimento foi conduzido na Faculdade de Tecnologia Centec – FATEC Cariri, localizada à Rua Amália Xavier de Oliveira, sem nº, Triângulo, município de Juazeiro do Norte – Ceará.

O reator anaeróbio é alimentado com águas residuárias predominantemente domésticas proveniente da cozinha, refeitório, banheiros e laboratórios da FATEC Cariri, a qual mantém suas atividades nos três turnos.

O sistema de tratamento é composto por quatro decanto digestores ou tanques sépticos, quatro filtros anaeróbios e uma unidade de desinfecção (tanque de contato). É importante ressaltar que tanto os decantadores como os filtros trabalham em serie e ao mesmo tempo em paralelo.

O plantio do feijão caupi foi feito em baldes, onde foram utilizando três sementes em cada cova, com espaçamento de 0,40 m entre baldes e plantio na mesma linha e 1 m entre fileiras.

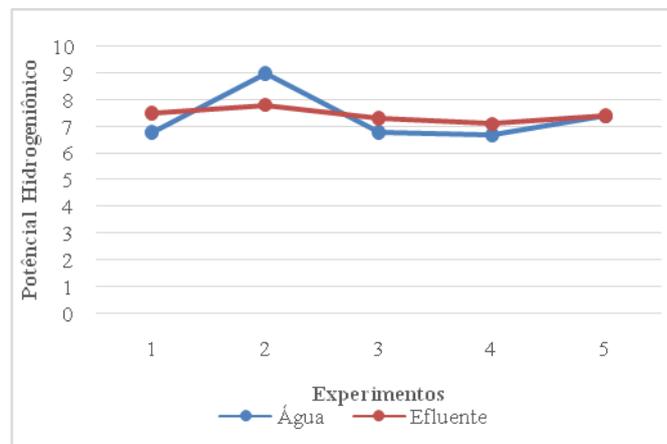
No efluente tratado, foram analisados os principais parâmetros cloretos, pH, temperatura, ferro, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e alcalinidade. As análises foram repetidas a cada quinze dias. As amostras do efluente do filtro anaeróbio e da água de poço foram realizadas no laboratório de análises físico-químicas de Água e Efluente (LAAE), sendo que todos os procedimentos das análises de água e efluentes encontram-se descritos no American Public Health Association / Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

3. Resultados e discussão

Conforme apresentado na figura 1, os valores de pH variaram entre 7,1 a 7,8 no efluente do filtro anaeróbio ou seja, os referidos valores se mantiveram dentro de uma faixa de neutralidade química, sendo, portanto, adequados para águas de irrigação, a qual segundo (MANCUSO E SANTOS, 2003), deve apresentar valores entre 5,0 e 7,0. Em relação à água de poço, apresentou um valor de pH elevado em torno de 9,0 o qual se manteve alcalino na segunda coleta, não estando numa faixa favorável para a cultura do feijão, ou seja, com este valor de pH a maioria dos elementos (nutrientes) se encontra indispensável para a planta.

Mancuso e Santos (2003) citaram que quando os valores ultrapassam essa faixa, ocorre a disponibilidade de íons tóxicos nas plantas, como o cloreto, o sódio, e o boro, cujos danos às culturas e ao solo podem ser provocados individualmente ou em combinação destes íons.

Figura 1. Variação do pH na irrigação de cultivo de feijão caupi com água de poço e efluente do filtro anaeróbio

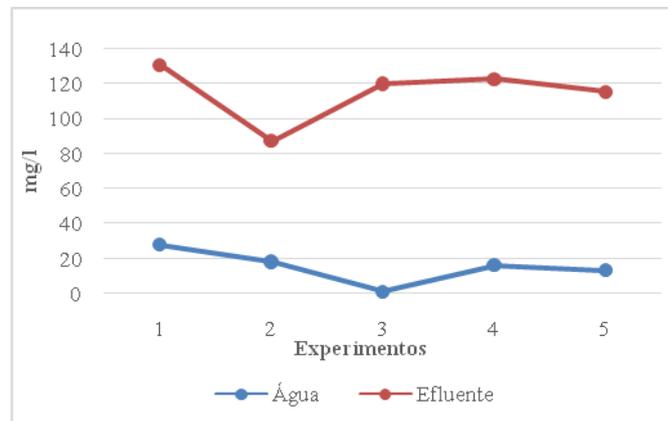


As concentrações de cloretos variaram entre 87,3 à 130,7 mg/l para o efluente do filtro anaeróbio. Diante deste resultados, verifica-se que as concentrações de cloretos determinadas no efluente do filtro anaeróbio foram expressivamente maiores do que as obtidas na água de poço. De fato, este comportamento já era esperado, já que os níveis de cloretos em efluentes do filtro anaeróbio são geralmente mais elevados do que encontradas em águas naturais.

Ressalta-se que apesar das concentrações de cloretos determinadas no efluente do filtro anaeróbio terem sido elevadas, quando comparadas com as obtidas na água de poço, elas acarretam efeito prejudicial quando utilizadas para irrigação agrícola.

Segundo Mancuso e Santos (2003), suas concentrações de cloretos acima de 100 mg/l causa problemas de adsorção foliar, podendo em concentrações acima de 350 mg/l acarretar problemas graves para as plantas.

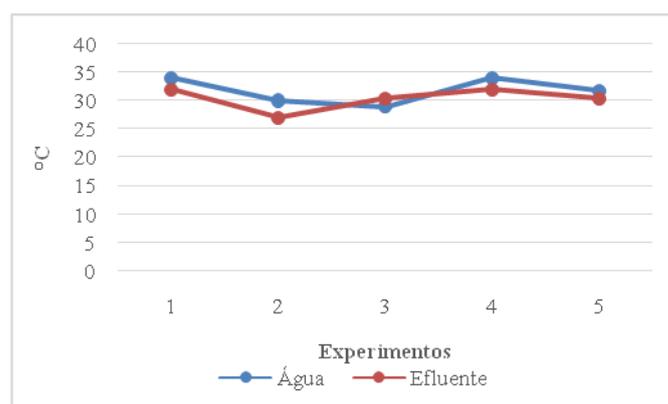
Figura 2. Concentração de cloretos na irrigação de cultivo de feijão caupi com água de poço e efluente do filtro anaeróbi



Com relação à temperatura no efluente do filtro anaeróbio, oscilou entre 27°C e 32°C. Diante dos resultados, os efluentes não apresentaram muitas diferenças nos resultados em relação à água de poço.

Observa-se que temperatura se manteve numa faixa ótima de 25°C, sendo um fator importante no processo de degradação biológica, pois a temperaturas do ar, associada à capacidade calorífica da água favorecem o desempenho das bactérias heterotróficas, onde a matéria orgânica contida no filtro anaeróbio sofre um processo de degradação. O controle da temperatura influencia intensamente na atividade microbiana, e principalmente, na solubilidade dos gases, podendo afetar na biodegradabilidade pela via anaeróbia.

Figura 3. Variação da temperatura em diferentes tratamentos

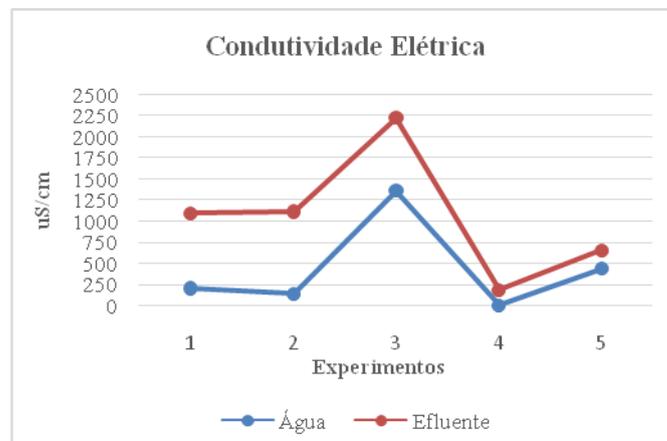


Verificou-se que, de acordo com os valores da condutividade elétrica apresentados a Figura 4, variaram entre 192,5 à 2.227,3 mS/cm, apresentando níveis elevados de sais, ou seja, o conteúdo excessivo de sais na água de irrigação pode provocar

problemas de toxicidade nas colheitas devido a alguns íons (boro e sódio) reduzindo a taxa de infiltração, baseado na condutividade Elétrica de água, os riscos de salinidade para o solo e cultura, proporcionados pela água de irrigação, podem ser avaliados significando então um grau de restrição para o reuso, ligeiro a moderado.

Neste tipo de restrição, cuidados na irrigação na manutenção e seleção das culturas e nas alternativas de manejo devem existir para um rendimento máximo das culturas. Para que se tenha um controle de salinidade e para minimização seus efeitos, devem-se utilizar culturas tolerantes, com o solo possuindo um adequado sistema de drenagem; as plantas também devem receber um volume de água adequado para o seu consumo, e o excesso de sais deve ser lixiviados para evitar danos às culturas.

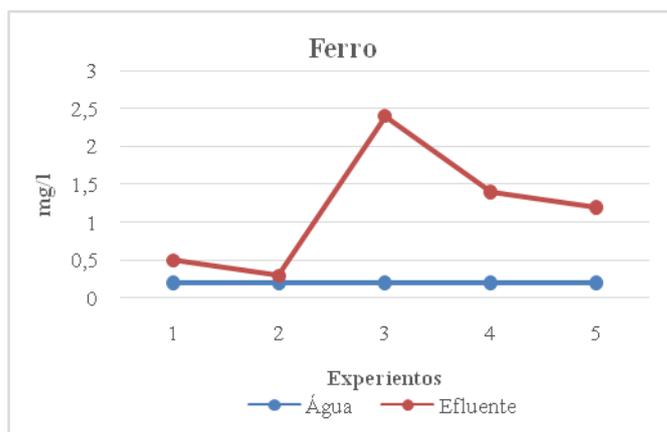
Figura 4. Variação da condutividade elétrica em diferentes tratamentos



Ao analisar a Figura 5 os valores de ferro do efluente do filtro anaeróbico variaram entre 0,30 a 2,40 mg/l, essa elevação se deu a partir do lançamento de produtos químicos a base de ferro gerados no laboratório de análises físico química de água e efluente. Segundo Mancuso & Santos (2003) o limite permissível é de 5,0 a 20,0 mg/l, sendo que não é tóxico para plantas em solos aerados, mas pode contribuir para acidificação e perda de fósforo e molibdênio, e diante do exposto o mesmos apresentaram dentro dos limites permissíveis para águas de reuso para agricultura.

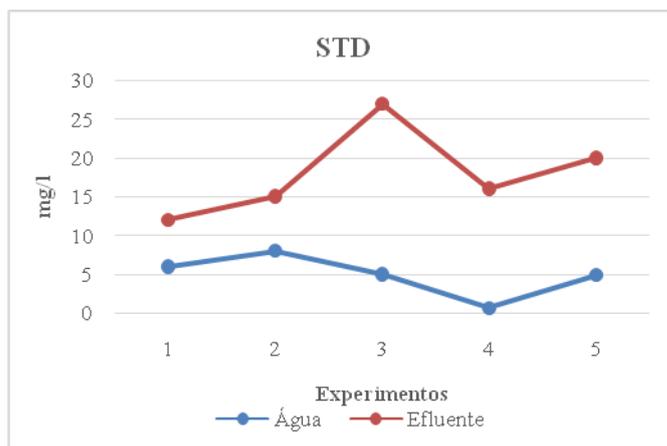
Coelho e Verlengia (1973) apontam que uma das principais funções do ferro na planta são agir como catalisador na produção de clorofila, pigmento que dá coloração verde às plantas, sendo que a falta de ferro é facilmente notada pela observação das folhas novas, em crescimento, consistindo os primeiros estágios, geralmente, de coloração verde-pálida.

Figura 5. Concentração de ferro em diferentes tratamentos



Conforme a Figura 6, os valores de sólidos totais dissolvidos apresentados nos tratamentos variaram no efluente do filtro anaeróbio foram de 12 a 27 mg/l e na água de poço oscilaram entre 0,7 a 8,0 mg/L. Mancuso & Santos (2003) apontam que, sais dissolvidos podem resultar na redução da pressão osmótica do solo (em decorrência do aumento da toxicidade de íons específicos), diminuindo a absorção de água e nutrientes pela planta e contribuindo para a degradação das características físicas do solo. Eles recomendam um valor máximo de 500 mg/L de STD em águas de reúso para irrigação agrícola, entre 500 a 1000 mg/l os STD em águas de irrigação podem afetar muitas plantas e por isso deve ser seguidas práticas cuidadosas de manejo. Acima de 2000 mg/l a água somente pode ser usada de forma regular para plantas tolerantes em solos permeáveis.

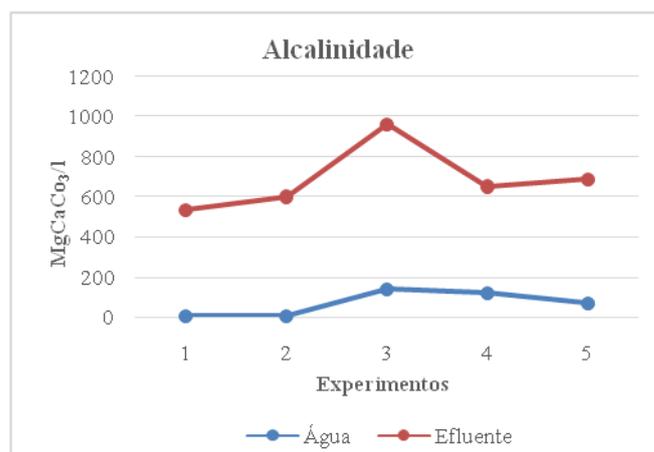
Figura 6. Concentração de sólidos totais em diferentes tratamentos



Na Figura 7, observa-se as concentrações de íons bicarbonatos ao longo da pesquisa variaram entre 534 a 960 mgCaCO₃/l para o efluente do filtro anaeróbio e para água de poço oscilaram entre 7,2 a 140 mgCaCO₃/l. Conforme os resultados apresentados, verificou-se que as concentrações de íons bicarbonatos no efluente do filtro anaeróbio foram elevadas do que os íons obtidos da água de poço.

Santiago (1999) ressalta que a concentração de HCO_3^- em efluentes de águas residuárias é muito mais alta do que em suprimento de água natural. Sendo que, os íons de HCO_3^- podem aumentar o perigo de sodicidade da água, causando a precipitação de carbonatos de cálcio e do magnésio em forma de carbonatos. E que as boas práticas de manejo e aplicação de melhoradores químicos podem permitir o uso desse tipo de água sem grandes problemas. Quanto à água de irrigação contendo bicarbonatos é aplicada por técnica de aspersão, há algumas conseqüências, como resíduo branco nas folhas e nos frutos.

Figura 7 - Concentração de alcalinidade total em diferentes tratamentos



4. Conclusão

A qualidade física-química do efluente do filtro anaeróbio, com relação aos parâmetros cloretos, condutividade elétrica e alcalinidade não atendeu aos padrões estabelecidos para a prática do reúso agrícola. A utilização da água de esgoto doméstico tratado possui influencia positiva nas variáveis de produção. Como uma fonte hídrica ecologicamente mais sustentável para a irrigação do feijão-caupi. O qual reduz a necessidade de adubação química no cultivo do feijão-caupi, os tratamentos com aplicação de menores doses de NPK, juntamente com a água de esgoto, os que obtiveram um maior potencial produtivo.

Referências

APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 2005. 21^a ed.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. **Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems**. Journal of Cleaner Production, v. 5, n. 4, p. 1529-1534, 2007.

COELHO, F. S; VERLENGIA, F. **Fertilidade do Solo**, 2. ed. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola – Campinas, SP, 1973. 384 p.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Ed.). Reúso de água. São Paulo: MANOLE, 2003. cap. 2, p. 37-95.

METCALF & EDDY. Inc. Wastewater engineering treatment disposal reuse. 3.ed. NewYork: McGraw – Hill Book, 1991. 1334p

MAGALHÃES, W. S.; Campos R. T. **Economia agrícola, recursos naturais e meio ambiente.** Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v.28, n.especial, p.417-429, 1997.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2003. 576p.

SOUSA, J. T. DE; LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura.** Campina Grande: EDUEP, 2003. 135p.

SANTIAGO, R. G; **Avaliação da Qualidade do Efluente Final do Sistema de Lagoas de Estabilização do Sidi, Visando ao Uso na Agricultura.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, 1999.

SHUVAL, H. I.; ADIN, A.; FAL, B.; RAWITZ, E.; YEKUTIEL, P. Wastewater irrigation in developing countries health effects and technical solutions. World Bank Technical Paper Number 51, Integrated Resource Recovery Projects series number GLO/80/004, Washington, D.C. 1986, 324p

WHO – **World Health Organization. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.** Technical Report Series. 778. Geneva: World Health and Organization, 1989. 74p.

***Daucus carota* como bioindicador de dióxido de enxofre (SO₂) na região do Aeroporto de São Paulo – Congonhas/SP**

Daucus carota as a bioindicator of sulfur dioxide (SO₂) in the region of São Paulo Airport – Congonhas/SP

Valburg de Sousa Santos Junior, Silvia Fazzolari Corrêa
Centro Universitário Senac
Meio Ambiente - Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária
junnioez@hotmail.com, silvia.fcorrea@sp.senac.br

Resumo. Atualmente, com o aumento da frota veicular, a poluição atmosférica vem agravando a qualidade do ar e acarretando diversos problemas de saúde para a população. Por se tratar de um poluente prejudicial para a saúde humana e para a vegetação, o monitoramento desse poluente se faz necessário. Por este motivo, foram utilizados exemplares de *Daucus carota* (cenoura) como bioindicadores desse poluente na região do Aeroporto de São Paulo - Congonhas, região que segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), é uma das mais poluídas por dióxido de enxofre no Município de São Paulo. Para a escolha dos pontos a serem monitorados, foi elaborada uma rosa dos ventos utilizando o *software WRPLOT View – Freeware* com dados registrados nos últimos 10 anos pela estação meteorológica do aeroporto, estabelecendo assim, uma relação entre a distribuição dos pontos escolhidos e a direção média dos ventos na região. Após 50 dias das espécies em campo, foram realizadas suas pesagens e foi possível observar que houve uma redução em bioindicadores localizados próximos à Avenida dos Bandeirantes.

Palavras-chave: biomonitoramento, dióxido de enxofre, *Daucus carota*.

Abstract. Nowadays, with the increase of the fleet of vehicles, the air pollution is aggravating the quality of the air and causing diverse health problems for the population. Because it is a pollutant that is harmful to human health and to vegetation, the monitoring of this pollutant is necessary. For this reason, *Daucus carota* (carrot) were used as bioindicators of this pollutant in the region of São Paulo Airport – Congonhas, region that according to the Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) is one of the most polluted by sulfur dioxide in the city of São Paulo. To select the points to be monitored, a rose of the winds was elaborated using the software *WRPLOT View – Freeware* with data recorded in the last 10 years by the airport meteorological station, thus establishing a relation between the distribution of the chosen points and the average direction of the winds in the region. After 50 days of the species in the field, were weighed and it was possible to observe that there was a reduction in bioindicators located near Avenida dos Bandeirantes.

Key words: biomonitoring, sulfur dioxide, *Daucus carota*

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade
Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>
E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

Os impactos da poluição ambiental não são recentes. De acordo com Braga *et al* (2010), Roma já apresentava problemas com a qualidade do ar por volta de 2 mil anos atrás devido a fundições de prata. Para Branco e Murgel (2010), a poluição atmosférica é resultado da emissão de poluentes, acarretando na alteração da composição química do ar e tornando-o impróprio à saúde humana, animal e vegetal.

Um dos principais poluentes atmosféricos responsáveis pelo agravamento de casos de doenças respiratórias é o dióxido de enxofre (SO₂). Monitorado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), esse poluente é solúvel nas mucosas do trato superior, com isso, pode provocar aumento da produção de muco, agravar casos de asma, além de contribuir para a formação de chuva ácida (FEPAM, 2015).

A partir do *software* Qualar, da CETESB, foi elaborado um gráfico das concentrações desse poluente no Município de São Paulo com os dados de estações de monitoramento. Ao analisar os resultados, foi constatado que a estação de Congonhas apresentava picos na concentração de SO₂ ao longo do ano.

Emitido principalmente por veículos semipesados e pesados, como ônibus e caminhões, o SO₂ é formado devido à presença de enxofre no combustível. Dessa forma, o motivo da região do aeroporto apresentar as maiores concentrações do município está possivelmente relacionado com a sua proximidade à Avenida dos Bandeirantes e à Avenida Washington Luís, rotas com intenso tráfego desse tipo de automóvel, além do enxofre presente no Querosene de Aviação (QAV), combustível utilizado pelos aviões comerciais do aeroporto.

Por se tratar de uma região que possui residências em seu entorno, o monitoramento ambiental da área é justificado devido aos danos que o mesmo pode causar tanto para a saúde humana, quanto para o meio ambiente. O biomonitoramento ambiental, também chamado de monitoramento biológico, é definido como a técnica que utiliza respostas de um determinado organismo para avaliação da qualidade ambiental (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). Os organismos utilizados são chamados de bioindicadores e apresentam sensibilidade ou tolerância quando expostos a determinada substância (FIGUEIREDO *et al*, 2006).

As vantagens relacionadas ao uso do biomonitoramento são o baixo custo de implantação e acompanhamento, o que também favorece o monitoramento de grandes áreas por longos períodos; e em geral, o fato da técnica dispensar o uso de aparelhos sofisticados para medições. Segundo a Embrapa (2015), outra vantagem relacionada ao uso do biomonitoramento é devido ao fato das análises físico-químicas apresentarem em suas medições resultados de uma situação momentânea, o que significa que as concentrações poderão se alterar durante o tempo, enquanto o biomonitoramento consegue identificar os efeitos nos organismos por exposição prolongada.

Com relação às desvantagens, Queiroz (2004), destaca que após as respostas biológicas do organismo, são necessárias diversas análises químicas e toxicológicas no mesmo, além de levantamentos das características físicas, químicas e biológicas do ambiente em que foi realizado o biomonitoramento. Outra desvantagem é referente à dificuldade em identificar no organismo qual o poluente responsável por determinada alteração no bioindicador (LEMOS, 2012).

É importante ressaltar que apesar da importância do uso do biomonitoramento para a obtenção da resposta de organismos expostos a certos poluentes, a necessidade de realização de técnicas físico-químicas ainda é necessária, uma vez que o biomonitoramento não fornece dados quantitativos das concentrações de poluente, e sim, a presença ou ausência do mesmo.

Dessa forma, foi utilizada a espécie *Daucus carota* (cenoura), como bioindicador sensível a esse poluente na atmosfera, de acordo com a *US Environmental Protection Agency - EPA* (EPA, 1978). A resposta fornecida pelo bioindicador é a redução do seu peso seco e fresco, apresentando maiores reduções quanto mais próximas da fonte emissora (MENDONÇA; SILVA, 1991, p. 37-40) e (RODRIGUES et al, 2014).

O presente trabalho teve como objetivo biomonitorar a presença de SO₂ no ar da região de Congonhas com exemplares de *Daucus carota* e gerar um produto cartográfico para relacionar a topografia da região com a dispersão ou concentração do poluente em uma determinada condição meteorológica.

2. Objetivos

Objetivo geral

Biomonitorar a presença de dióxido de enxofre no ar da região do Aeroporto de Congonhas.

Objetivos específicos

- Elaborar a partir de um Sistema de Informação Geográfico (SIG) um mapa hipsométrico da região para relacionar os ventos da região e a topografia do local com a dispersão ou concentração do poluente em determinada condição meteorológica;
- Utilizar a espécie *Daucus carota* (cenoura) como bioindicador;
- Relacionar os resultados obtidos com os dados disponibilizados pela rede automática de monitoramento da qualidade do ar da CETESB

3. Materiais e método

Para a realização do projeto, foram utilizados os seguintes *softwares* e materiais:

- *Software WRPLOT View – Freeware;*
- *Software Google Earth;*
- Sementes de cenoura Brasília da marca *Topseed Garden;*
- 10 galões de água com capacidade de 20 litros;
- Argilas expandidas;
- Manta geotêxtil;
- Furadeira com uma broca de 15 mm;
- Adubo da compostagem do Centro Universitário Senac gerado com a poda do campus;
- Faca de cozinha;
- 16 *beckers* plásticos de 1 litro;
- 18 *beckers* de vidro com capacidade de 600ml;
- Estufa da marca Fanem modelo 515;
- Balança eletrônica Toledo modelo 3400 com capacidade máxima de 5kg;
- Balança eletrônica Marte modelo AL 500C com capacidade máxima de 500g.

Durante o projeto, foram realizados levantamentos secundários e primários de informações para nortear tanto na etapa de biomonitoramento em campo, quanto para a obtenção de informações relacionadas com a qualidade do ar na região do Aeroporto de Congonhas. A seguir, serão apresentadas as metodologias adotadas para atender a cada objetivo específico do trabalho.

Obtenção dos dados climáticos da região do Aeroporto de Congonhas e elaboração da rosa dos ventos

Para a obtenção dos dados meteorológicos a respeito do comportamento dos ventos da região, foi necessário o contato com o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), pertencente ao Ministério da Defesa, para o qual foram solicitados os dados correspondentes aos ventos de janeiro de 2005 até dezembro de 2015, para obter uma média do comportamento dos ventos na região nos últimos 10 anos. Os dados solicitados correspondem às velocidades mínimas, médias e máximas diárias, e a predominância da direção dos ventos. O pedido foi encaminhado ao Cel. Av. Manoel Araújo da Costa Júnior, diretor do ICEA, especificamente para a Subdivisão de Climatologia e Arquivo Meteorológico (PBCA), localizado em São José dos Campos. No dia 07 de junho, o Setor de Estudos Climáticos disponibilizou um arquivo em *Excel* com 4017 linhas contendo os dados solicitados, juntamente com a metodologia adotada por eles para a obtenção dessas informações.

Durante os meses de junho e julho, os dados foram tratados para que fosse possível elaborar a rosa dos ventos utilizando o *software WRPLOT View - Freeware*. Entre os dados solicitados, foram utilizados os dados dos dias 06 de outubro até o dia 24 de novembro dos últimos 10 anos, período correspondente ao tempo em que as espécies ficaram nos pontos de amostragem durante 2016. Com os dados salvos em uma planilha do *Excel*, foi gerado com o *WRPLOT View*, a rosa dos ventos da região com 6 classes de velocidades dos ventos medidas em nós (1 nó = 0,51444 m/s).

A partir da geração da rosa dos ventos, foi possível escolher os pontos de biomonitoramento do projeto na região do Aeroporto de Congonhas.

Foram levantados também os dados de pluviosidade disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os dados do ICEA referentes às temperaturas médias de outubro e novembro desde o ano 2005 para, assim como os dados de direção dos ventos, obter a média nos últimos dez anos.

Informações da topografia local

Para a obtenção da hipsometria da região do Aeroporto de Congonhas, foi utilizado o *topographic-map*. Esta plataforma possui o levantamento das cotas altimétricas de regiões do mundo a partir do *Google Maps*.

Em seguida, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) *Google Earth* para obter o perfil de elevação do terreno no entorno do aeroporto. Para isso, foi utilizada a ferramenta do *Google Earth* "Adicionar Caminho" e delimitada a área de todos os pontos utilizados para o biomonitoramento.

Plantio e distribuição de indivíduos de *Daucus carota*

No dia 26 de julho foram plantadas na estufa do Centro Universitário Senac, diversas sementes de cenoura Brasília da marca *Topseed Garden* em 10 galões de 20 litros que foram adaptados para o plantio. O gargalo das garrafas foi cortado e, em seguida, foram feitos furos de 15 mm em seu fundo para, juntamente com as argilas expandidas, auxiliarem na drenagem. Foi adicionada também uma manta geotêxtil para reter o solo. Utilizou-se como solo para o cultivo das espécies o adubo gerado da compostagem de poda do Centro Universitário Senac, procurando dessa forma, cultivar as espécies no meio mais natural possível. A rega das espécies foi efetuada

pelos funcionários da estufa diariamente de acordo com a necessidade do solo. A figura 1 apresenta as etapas realizadas para o plantio das espécies.



Figura 1. Etapas realizadas durante o plantio. 1 – Corte no galão. 2 – Argila expandida para drenagem. 3 – Manta geotêxtil. 4- Galões com o adubo e as sementes de cenoura.

No dia 11 de agosto, 13 dias após o plantio, foi observado o brotamento das sementes. No momento do plantio, foram colocadas diversas sementes em cada galão para garantir que houvesse o brotamento de cenouras em uma quantidade suficiente para obter uma média de crescimento de 5 cenouras por galão.

No dia 23 de setembro, já com a rosa dos ventos elaborada, foi possível escolher os pontos de biomonitoramento. Foi realizada uma visita na região em volta do aeroporto em busca de permissões de estabelecimentos para deixar os galões durante o tempo do projeto. Após a confirmação dos 7 estabelecimentos, os galões foram levados para os pontos no dia 06 de outubro.

Para obter um resultado de crescimento com o mínimo de influência do SO₂, foi cultivado um galão com indivíduos de cenoura na estufa do Centro Universitário Senac durante o mesmo período de 50 dias.

No dia 24 de novembro, as espécies foram retiradas dos seus respectivos pontos de biomonitoramento e levadas ao Laboratório de Química Ambiental do Centro Universitário Senac, onde juntamente com o galão utilizado na estufa como controle, foram pesados seus pesos frescos e secos.

Para o peso fresco, as cenouras foram retiradas do galão e lavadas com água para retirar o excesso de solo preso a elas. Em seguida, foram colocadas em um becker plástico de 1 litro que teve seu peso tarado na balança eletrônica Toledo modelo 3400 com capacidade máxima de 5kg. Em seguida, foi realizada a pesagem das cenouras por cada ponto e anotado os valores.

Para a obtenção do peso seco, as cenouras foram cortadas de suas folhas para que coubessem nos beckers dentro da estufa. Em seguida, tanto as folhas quanto as cenouras foram colocadas em 18 beckers de vidro, pesadas e levadas à estufa com temperatura entre 105° e 110° durante 48 horas para obter seu peso seco. Buscando acelerar a retirada de umidade e proporcionar um processo de secagem mais homogêneo, as cenouras foram cortadas em fatias antes de serem levadas a estufa.

Monitoramento do SO₂ na região do Aeroporto de Congonhas

Para o monitoramento das concentrações do SO₂, além dos bioindicadores, foram utilizados os dados da estação de monitoramento da CETESB localizada na Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor João Carlos da Silva Borges.

4. Resultados e discussões

As coordenadas geográficas 23°37'23.00"S e 46°39'27.00"O, correspondentes ao anemômetro localizado na pista de decolagem do aeroporto, permitiram juntamente com os dados meteorológicos em Excel, a geração da rosa dos ventos do local com o *WRPLOT View - Freeware* (Figura 2).

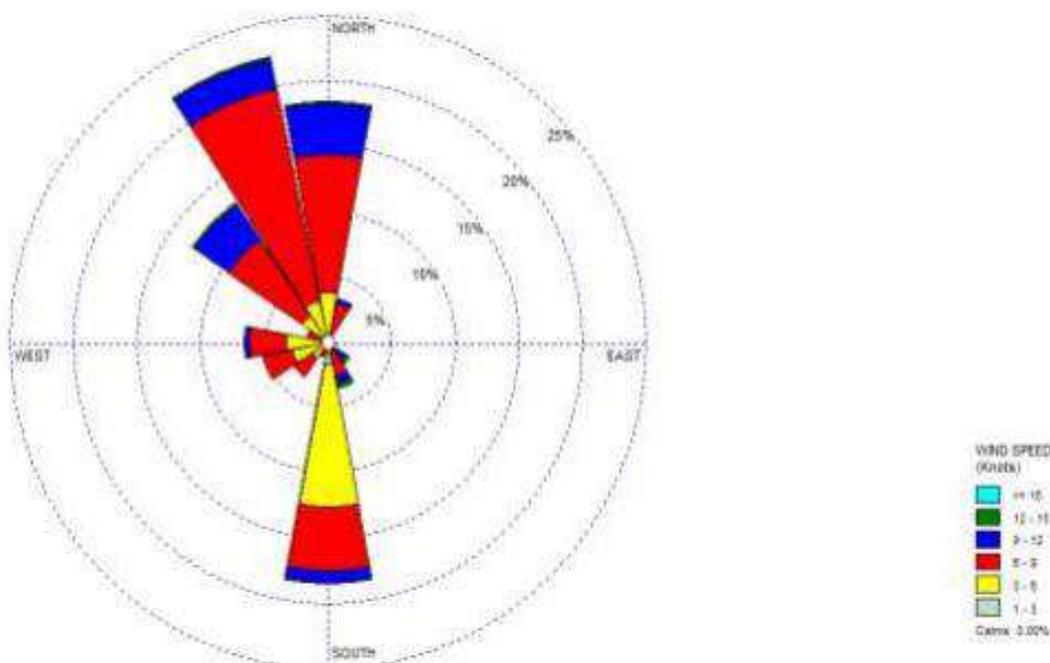


Figura 2. Rosa dos ventos da região do Aeroporto de Congonhas com a média dos ventos nos últimos 10 anos no período de 06 de outubro até 24 de novembro.

Como apresentado pela figura 2, é possível observar que a predominância dos ventos na região do aeroporto nos últimos 10 anos foi de norte-sul para os pontos cardeais; noroeste para os pontos colaterais; e norte-noroeste para os pontos intermediários. Entre os pontos apresentados, a velocidade média predominante entre os ventos foi de 6 a 9 nós, o que corresponde a velocidades na faixa de 3,08664 e 4,6299 m/s (classe vermelha na rosa dos ventos). Com esse dado, foram escolhidos os 7 pontos de biomonitoramento. A tabela 1 apresenta os locais escolhidos e suas respectivas numerações para identificação. A estufa do Centro Universitário foi considerada o ponto 0 (zero), localizada nas coordenadas 23°40'8.00"S e 46°41'50.80"O.

Tabela 1 – Locais utilizados para o biomonitoramento do SO₂.

LOCAL	PONTO
Frota de táxi	1
Prédio da brigada de Incêndio do Aeroporto de São Paulo - Congonhas	2
Estacionamento do Banco Itaú	3
Loja de móveis de jardim Davilari	4
Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor João Carlos da Silva Borges	5
Oficina de funilaria e mecânica Ipanema	6
Hospital Cruz Vermelha Brasileira	7

O software *WRPLOT View* também possui a função de plotar a rosa dos ventos no *Google Earth* a partir das coordenadas geográficas do local, proporcionando assim, um resultado mais visual para a interpretação dos dados. A figura 3 apresenta a rosa dos ventos gerada na região do aeroporto e os pontos utilizados durante o biomonitoramento.

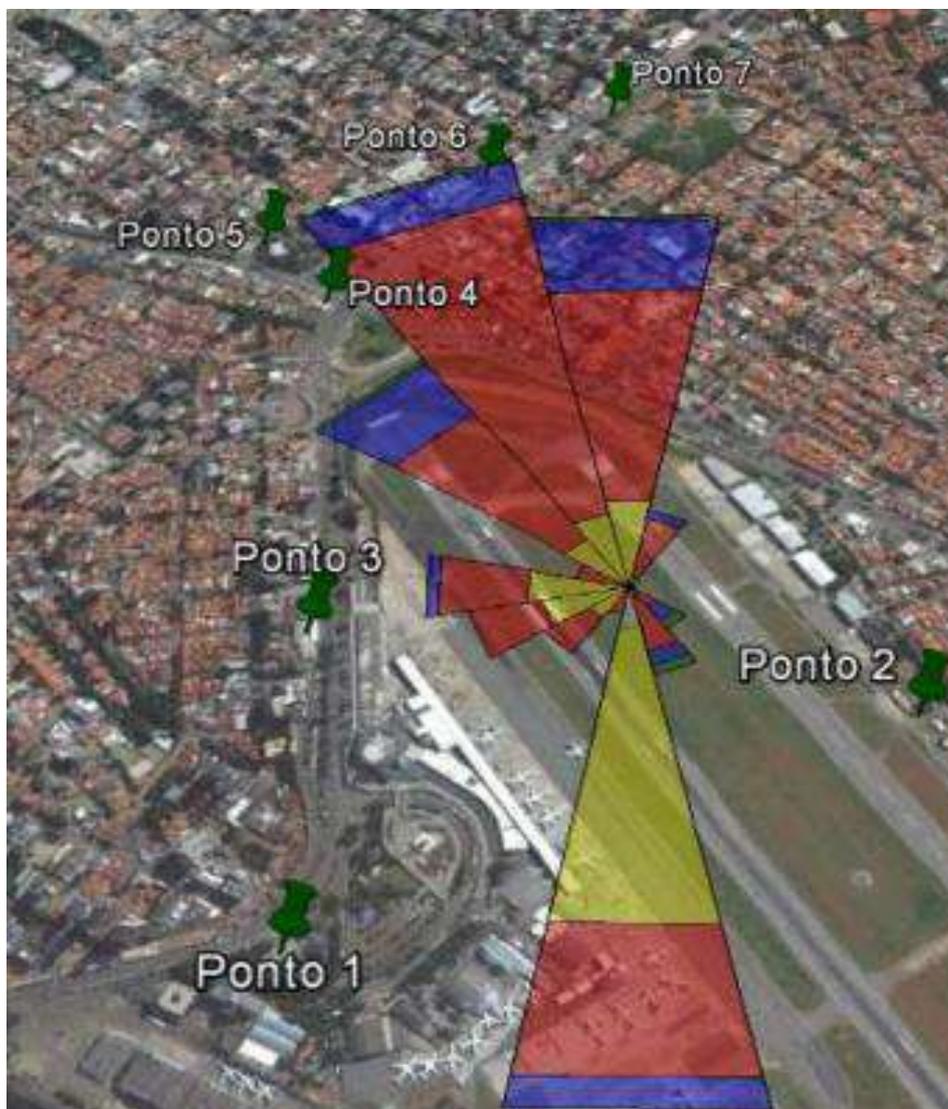


Figura 3. Rosa dos ventos da região do Aeroporto de Congonhas plotada no *Google Earth* e os pontos utilizados durante o biomonitoramento.

Informações da topografia local

Segundo Ab'Saber (2007, *apud* VPC/BRASIL 2008), o Aeroporto de Congonhas está localizado sobre o Espigão Central, também chamado de Espigão Paulista. Essa forma de relevo é a mais elevada do Centro Expandido de São Paulo, apresentando-se como:

[...] um alongado e estreito espigão de orientação SE - NW, desde a região do Jabaquara e Vila Mariana, ao sul da cidade, até a região do Sumaré onde se desfaz em altas colinas de topo ondulado. Serve de divisor d'águas entre os rios Pinheiros e Tietê. As altitudes são relativamente homogêneas em toda a sua extensão, possuindo na porção sul 790 e 805 metros de altitude até um máximo de 835 metros na região de Sumaré (VPC/BRASIL, 2008. p. 170).

Dessa forma, a figura 4 apresenta o mapa hipsométrico da região, onde é possível perceber que o Aeroporto de Congonhas está localizado em uma região mais elevada topograficamente.



Figura 4. Mapa hipsométrico da região do Aeroporto de Congonhas.

Com o *Google Earth*, foi possível criar o perfil de elevação do terreno a partir da vista em corte (Figura 5).

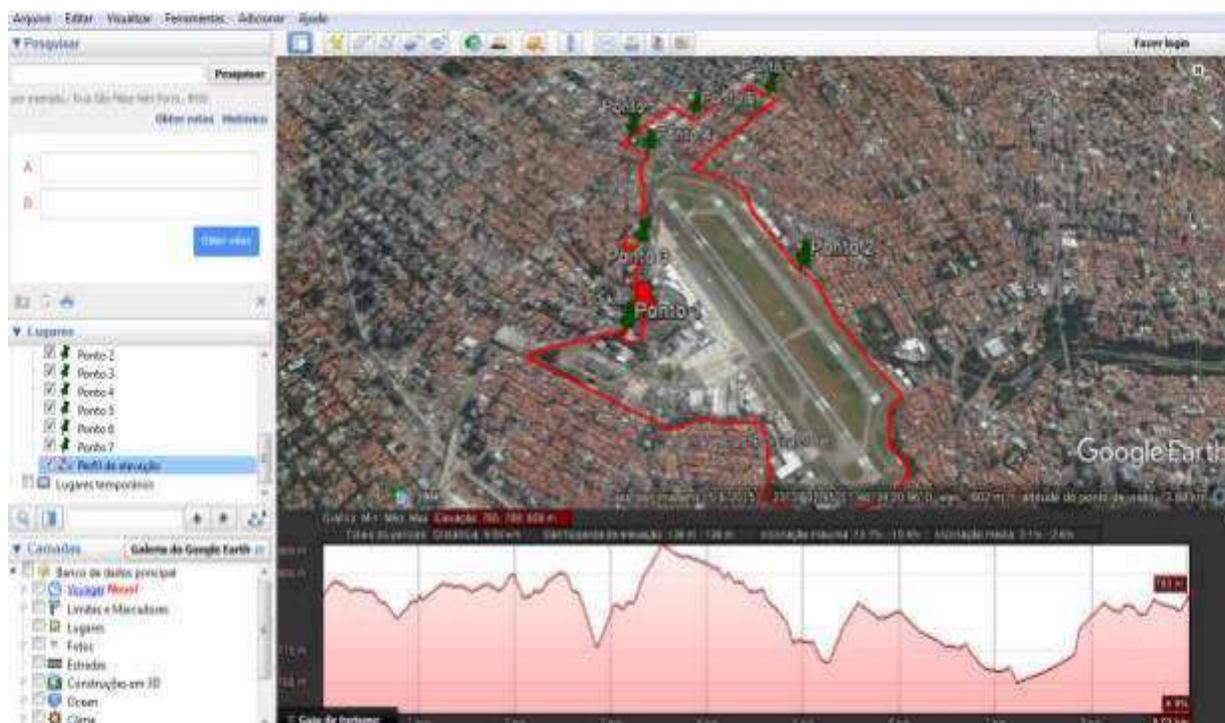


Figura 5. Perfil de elevação do terreno.

Como não é possível sinalizar os pontos de monitoramento no perfil de elevação, os valores das cotas de altitude de cada ponto do biomonitoramento são representados na tabela 2.

Tabela 2. Altitudes dos pontos de biomonitoramento.

Ponto	Altitude (em metros)
P1	796 m
P2	800 m
P3	792 m
P4	768 m
P5	764 m
P6	776 m
P7	787 m

Com relação à pluviosidade no período de biomonitoramento, os dados disponibilizados pelo INMET na estação Mirante de Santana, apresentam que o acumulado de chuva nesse período foi de 230,2 mm, valor correspondente a aproximadamente 84,3% do valor médio para esse período do ano (Figura 6).

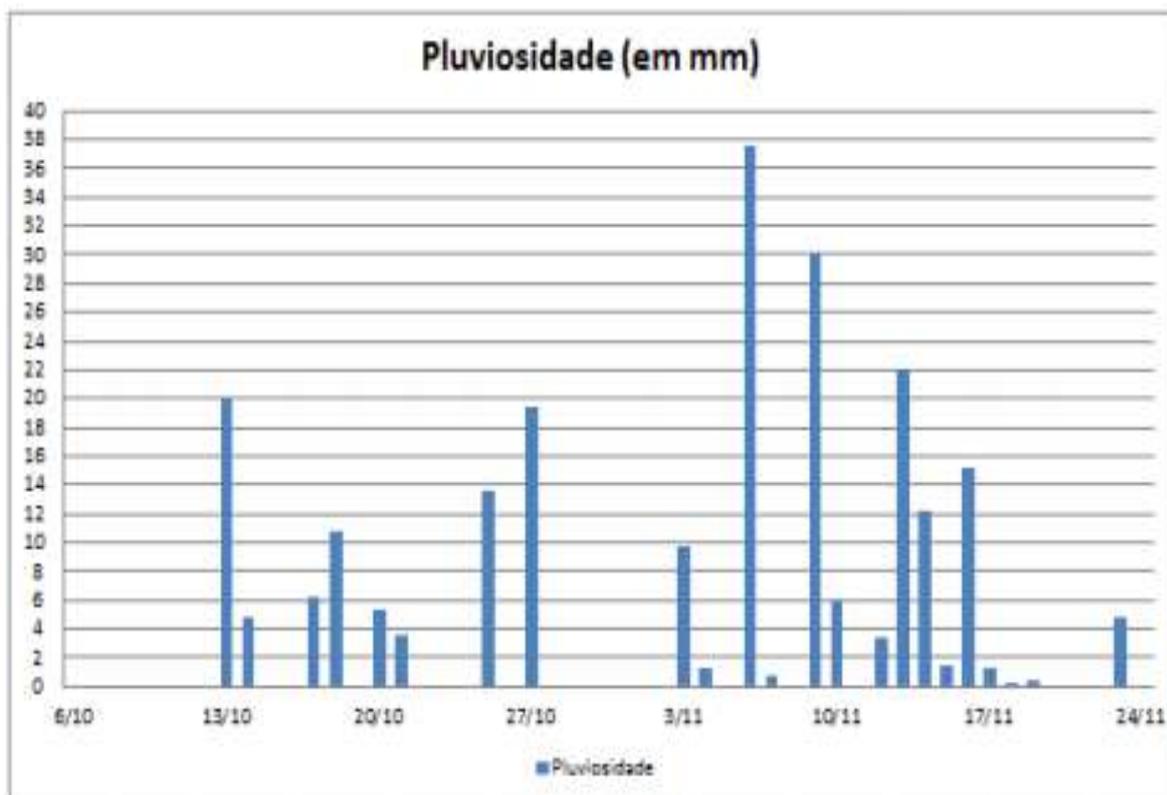


Figura 6. Pluviosidade registrada pelo Mirante de Santana, no município de São Paulo, durante os 50 dias de biomonitoramento.

Já para temperatura do ar, analisando os dados históricos desde 2005 disponibilizados pelo ICEA, foi possível determinar uma temperatura média de 19,93°C para o mês de outubro e 20,91°C para novembro (Figura 7).

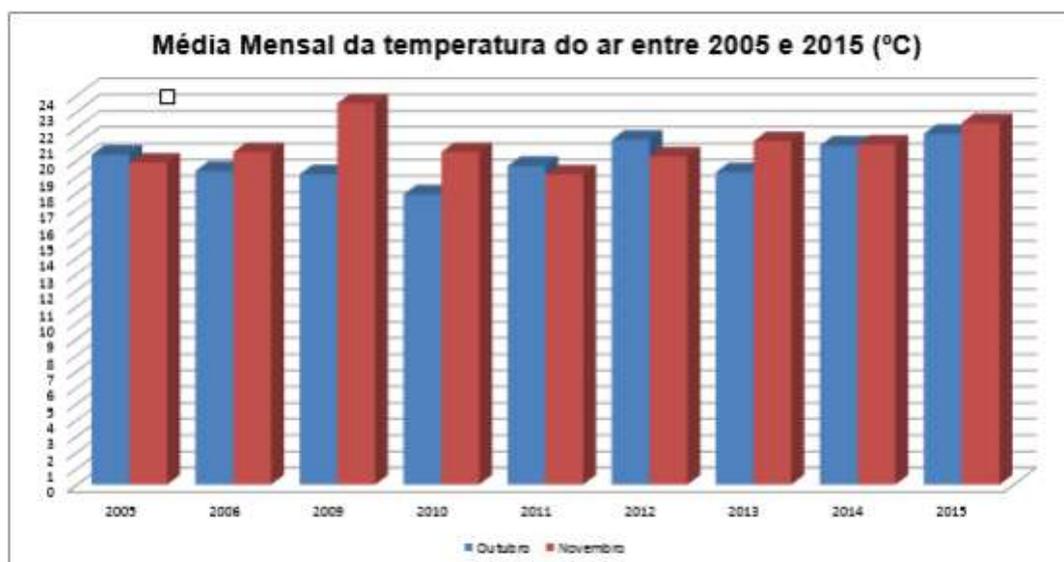


Figura 7. Temperaturas médias de outubro e novembro na estação de Congonhas desde 2005.

Desenvolvimento dos indivíduos de *Daucus carota*

A tabela 3 e a figura 8 apresentam o peso fresco médio das cinco cenouras em cada ponto após o período de 50 dias na região do aeroporto e na estufa do Senac.

Tabela 3 – Peso fresco após o biomonitoramento.

PESO FRESCO	
Ponto	Peso das espécies (em gramas)
P0	270
P1	563
P2	162
P3	348
P4	222
P5	267
P6	281
P7	260



Figura 8. Peso fresco das espécies após o período de biomonitoramento.

O ponto 1 foi o que apresentou maior crescimento, sendo o ponto mais distante da Avenida dos Bandeirantes (aproximadamente 1,10 quilômetros) e também fora da direção predominante dos ventos. Os pontos mais próximos do fluxo de caminhões e, conseqüentemente, das emissões de dióxido de enxofre (pontos 4 e 5) apresentaram redução significativa de crescimento quando comparadas com o ponto 1. Os pontos 4 e 5 estavam na linha geral de dispersão dos ventos e eram os pontos de menor altitude, em uma região cercada por áreas mais altas, caracterizando uma espécie de "vale", o que pode ter contribuído para o acúmulo de SO₂, que é um gás mais pesado do que o ar. A dispersão dos ventos para essa região, juntamente com essa característica do relevo, podem ter favorecido uma concentração dos poluentes, acarretando assim, na redução do peso fresco para esses pontos.

Apesar de não estar na área de dispersão dos ventos e ter sido colocada em uma altitude mais elevada, o ponto 2 estava localizado dentro da área do aeroporto, muito próximo às pistas de pouso e decolagens e ainda a uma distância de aproximadamente 270 metros da Avenida dos Bandeirantes; esses fatores podem ter contribuído para seu baixo crescimento, uma vez que o enxofre também está presente no combustível utilizado pelos aviões. No ponto 3, o crescimento das cenouras com seu peso fresco só não foi maior que o do ponto 1. Sua localização era em um ponto elevado com relação aos pontos 4 e 5 e estava na rota de dispersão para ventos de 9 a 12 nós, o que pode ter favorecido a não concentração dos poluentes de uma forma tão nociva aos bioindicadores.

No ponto 6 já foi possível observar um aumento no peso fresco. Para esse local, a topografia era mais elevada em relação à Avenida dos Bandeirantes e estava localizado em uma região de ventos rápidos (9 a 12 nós). No ponto 7, monitorado no Hospital da Cruz Vermelha Brasileira, as cenouras tiveram o peso fresco um pouco menor que as cenouras cultivadas nos pontos 5 e 6.

Para o ponto 0, o baixo crescimento das cenouras no galão cultivado na estufa do Centro Universitário Senac pode estar relacionado ao crescimento de uma espécie de

fungo em suas folhas, deixando uma camada de "poeira branca" (Figura 9), porém, não é possível alegar que uma redução de peso fresco seja causada por esse fator.



Figura 9. Injúria foliar desenvolvida nos indivíduos do galão cultivado na estufa do Centro Universitário Senac causada por fungo.

Para o peso seco, foi observada a correspondência com o peso fresco e também que a relação entre peso e a proximidade do aeroporto e da Avenida dos Bandeirantes foi mantida. O ponto 1, mais distante da avenida, teve maior peso seco, enquanto os pontos 2, 4 e 5, uma redução do seu peso quando comparados ao ponto 1. A tabela 4 e a figura 10 apresentam o peso seco médio das cinco cenouras presentes em cada ponto.

Tabela 4. Peso seco médio após o biomonitoramento.

PESO SECO	
Ponto	Peso das espécies (em gramas)
P0	38,56
P1	55,528
P2	26,062
P3	42,679
P4	17,342
P5	34,547
P6	41,236
P7	34,218



Figura 10. Peso seco médio das espécies após o período de biomonitoramento

Não foi possível realizar o monitoramento da concentração de SO₂ com a estação automática da CETESB durante o biomonitoramento porque, 4 dias após o início do projeto, a estação que estava em operação foi trocada (Figura 11) e não foram publicados mais registros da concentração de dióxido de enxofre. Porém, como as concentrações de SO₂ tem apresentado uma tendência de queda desde 2003, acredita-se que as concentrações durante os 50 dias do projeto não tenham sido muito diferentes dos últimos anos.



Figura 11. Troca realizada pela CETESB das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar. 1 – Estação antiga no dia 06/10/2016. 2 – Nova estação no dia 10/10/2016.

A redução nas concentrações de dióxido de enxofre é resultado da Resolução nº 18 de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que versa sobre o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (CETESB, 2016). Este programa, coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), foi o que veio estabelecer os primeiros limites de emissão de poluentes atmosféricos para veículos leves, criando assim, a necessidade de desenvolvimento tecnológico por parte dos desenvolvedores de motores e combustíveis.

O PROCONVE estabelece fases sucessivas para veículos leves e pesados cada vez mais restritivas para determinar a quantidade de certos compostos químicos que serão emitidos para a atmosfera. Atualmente, as fases vigentes pelo PROCONVE são as fases P7 e L6 e, para o atendimento limite dessas fases, “foi necessária à redução do teor de enxofre do diesel e da gasolina, viabilizando a aplicação, a eficiência e a durabilidade de tecnologias de pós-tratamento dos gases de exaustão” (CETESB, 2014, p.75).

A importância da redução do teor de enxofre nos combustíveis é devido à ação corrosiva de seus compostos, caracterizando dessa forma, o enxofre como um elemento indesejável em qualquer combustível (SILVA *et al*, 2013).

A figura 12 retrata um gráfico gerado no *software* Qualar que apresenta uma queda nas concentrações de SO₂ na estação de monitoramento da CETESB, localizada próxima ao aeroporto de Congonhas, desde o ano de 2003.

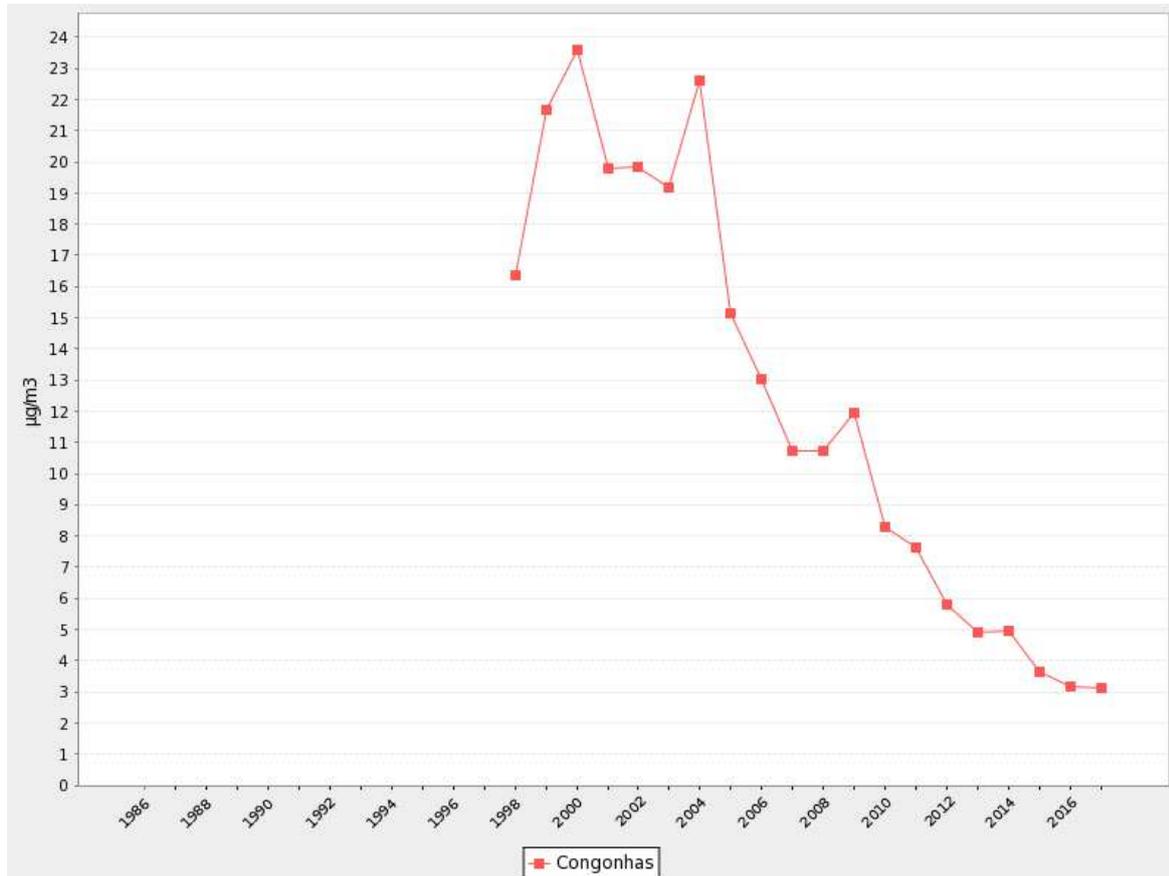


Figura 12. Concentrações máximas anuais de SO₂ na atmosfera em Congonhas.

Os últimos registros referentes às concentrações de dióxido de enxofre durante o projeto são do dia 06 de outubro de 2016. A princípio cogitou-se que as concentrações não estavam sendo registradas porque a estação ainda não estava em operação, porém, durante o mês de dezembro foi verificado que a nova estação estava monitorando novamente o poluente (Figura 13). Durante a realização do projeto foi enviado um *e-mail* para a CETESB em busca de informações, mas não houve retorno.

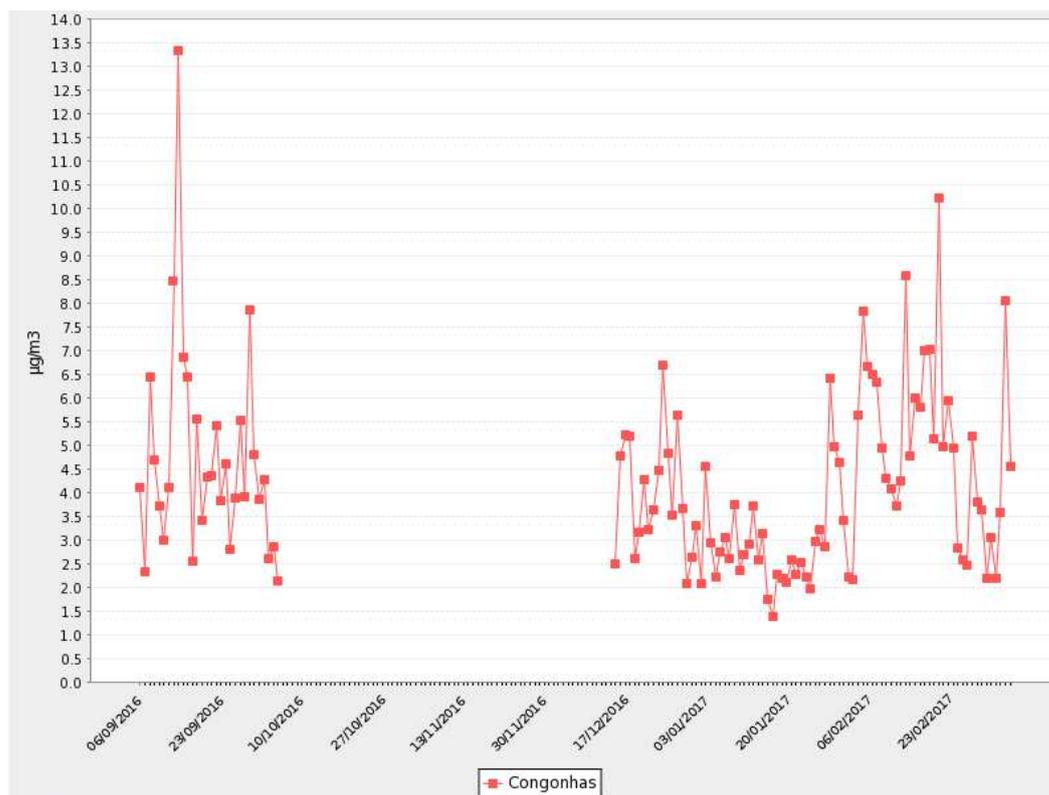


Figura 13. Funcionamento da estação da CETESB após o término do projeto.

5. Conclusão

Devido ao decréscimo dos pesos das cenouras quanto mais próximas a Avenida dos Bandeirantes, é possível alegar que existe uma correlação entre a presença de SO_2 e seu crescimento, comprovando assim, sua sensibilidade ao poluente. Além disso, fatores como a topografia e direção dos ventos apresentaram influência no crescimento destes vegetais, podendo ter proporcionado uma maior concentração ou dispersão de poluentes.

Aconselha-se a realização deste estudo em outras estações do ano para fins comparativos. No inverno, por exemplo, a influência do efeito de inversão térmica pode contribuir com o aumento das concentrações de SO_2 na atmosfera.

A redução de enxofre nos combustíveis representou uma melhoria na qualidade do ar. Dessa forma, ficou evidente a importância da continuação das fases do PROCONVE tanto para os veículos leves, quanto para os veículos pesados. Um dos resultados da redução de enxofre na composição dos combustíveis é a tendência de queda que o gráfico de concentração de SO_2 apresenta para a região do aeroporto.

É necessária a realização de estudos em ambientes controlados para obter qual a concentração de SO_2 nociva ao crescimento das cenouras, uma vez que para a realização deste projeto, uma das dificuldades foi a obtenção de fontes referentes à sensibilidade das cenouras a presença desse poluente.

Apesar de não ter atingido níveis elevados de concentração na região do aeroporto, o monitoramento do SO_2 se faz necessário devido à sua toxicidade. Aconselha-se a realização de um estudo para obter quais os impactos causados à saúde da população do entorno exposta a baixas concentrações em longo prazo.

Referências

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2^o edição. São Paulo: Pearson, 2010. 318 p.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do ar**. 2^o edição. São Paulo: Moderna, 2010. 112 p

BUSS, Daniel Forsin; BAPTISTA, Darcíolo Fernandes; NESSIMIAN; Jorge Luiz. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):465-473, mar-abr, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/csp/v19n2/15412.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2015

CETESB. **Plano de Controle de Poluição Veicular 2014-2016**. São Paulo, 2014. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/pcpv-2014.pdf>. Acesso em: 15 de nov. 2015

CETESB. **Proconve**. Disponível em: <veicular.cetesb.sp.gov.br/proconve/>. Acesso em 09 de jun. 2016

EMBRAPA. **A diversidade da fauna macrobentônica e seu papel como bioindicadora de qualidade de água**. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=236&func=pesq>. Acesso em: 14 de nov. 2015

EPA. **Diagnosing vegetation injury caused by air pollution**. Washington, 1978. Acesso em: 14 de nov. 2015

FEPAM. **Qualidade Ambiental**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.asp>. Acesso em: 12 de nov. 2015

FIGUEIREDO, A.M.G; NOGUIERA, C.A; SAIKI, M.; MILIAN, F.M.; DOMINGOS, M. **Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of São Paulo, Brazil, employing Tillandsia usneoides L. as biomonitor**. São Paulo, 2006. Disponível em: <www.ipen.br/biblioteca/2007/11544.pdf>. Acesso em: 12 de nov. 2015

ICEA. **Banco de Dados Climatológicos do Comando da Aeronáutica**. Disponível em: <clima.icea.gov.br/clima/index.php>. Acesso em: 28 de nov. 2016

LE MOS, Siomara. **O monitoramento ambiental utilizando plantas**. Rio de Janeiro, 2012. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <www.eng.uerj.br/~fariasol/disciplinas/Monitoramento%20Ambiental.old/trabalhos-alunos-2012-01/Siomara/Monitoramento%20Ambiental%20utilizando%20plantas.pdf>. Acesso em: 16 de dez. 20

MENDONÇA.B.R.; SILVA, E.A.; SILVA, E.A.M. **Efeito da poluição sobre bioindicadores vegetais**. Ambiente; Revista CETESB de Tecnologia. v.5, n.1, 1991, p. 37-40

QUEIROZ, Ednilson Paulino. **Proposta de uso de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento da qualidade de água de ambientes lóticos no estado de mato grosso do sul**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2004. Disponível em:

<<https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/35/cursoId:33>>. Acesso em: 05 de dez. 2015

RODRIGUES, Manoel Gonçalves; CUNHA, Roberto Ricardo Rachid Saab Barbosa; MARTINS, Tainá Pellegrino; ALMEIDA, Josimar Ribeiro. **Efeito da poluição por dióxido de enxofre (SO₂) sobre bioindicadores hortícolas.** Disponível em: <www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/13834/10591>. Acesso em: 22 de out. 2017

SILVA; Thiago Emanuel Pereira da Silva; CARVALHO, David Oliveira de; SILVA, Michello Juliana Pereira da; SANTOS, Nathalie Elizabeth Silva dos; COSTA, Pedro Paulo dos Reis. **Enxofre: Um poluente em potencial na composição do óleo diesel brasileiro.** Disponível em: <www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-081.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2016

TOPOGRAPHIC-MAP. **Aeroporto de São Paulo/Congonhas.** Disponível em: <pt-br.topographicmap.com/places/Aeroporto-de-São-Paulo-Congonhas-7060414/>. Acesso em: 28 de nov. 2016

VPC/BRASIL. **EIA-RIMA do Aeroporto de São Paulo - Congonhas.** Disponível em: <ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio_ambiente/cades/audiencias/0001/eia_rima_congonhas_rima_vol_1.pdf>. Acesso em: 28 de nov. 2016

Armário-cápsula: o consumo de peças atemporais atrelado ao comportamento sustentável

Capsule wardrobe: the consumption of timeless outfits tied to sustainable behavior

Karoline Nunes Ferrão

Uniritter Laureate International Universities

Faculdade de Design de Moda , MBA em Gestão de Negócios de Moda

{karol_ferrao@hotmail.com}

Resumo. O presente artigo mostra como é possível ser sustentável, no ramo da moda, de uma forma não-convencional, ou seja, explora-se um comportamento sustentável, a partir da organização pessoal das peças de roupas do consumidor e do consumo de peças atemporais, utilizando assim a técnica de armário-cápsula. Para isso, foi necessário decorrer sobre o ciclo de vida do produto de moda, pesquisar sobre o perfil do consumidor de moda, assim como descrever as características de um armário-cápsula e de peças atemporais. Também realizou-se considerações sobre efemeridade e estilo, que sustentam a relevância da pesquisa tanto para o designer e/ou estilista quanto para o próprio consumidor.

Palavras-chaves: armário-cápsula, atemporal, sustentável, moda.

Abstract. *The present article shows how it is possible to be sustainable any branch of fashion in an unconventional way, that is, it explores a sustainable behavior from the organization of the personnel of the clothes pieces of the consumer and the consumption of timeless pieces. For the effect, it was necessary to accrue on the fashion product life cycle, on the profile of the fashion consumer, as well as describe as characteristics of a capsule wardrobe and timeless clothes. Considerations were also made on ephemerality and style, which support a research relevance for both the designer and / or stylist as for the consumer.*

Keywords: *capsule wardrobe, timeless, sustainable, fashion.*

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac

ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

A Consultoria de Imagem e o Estilismo são diferentes ramos da moda, porém estão, constantemente, em contato um com o outro. Consultores precisam de estilistas para ter o que oferecer aos clientes, e estilistas precisam que existam pessoas que explorem seus produtos de diferentes formas. Contudo, a mais recente conexão entre as profissões está na busca por um mundo sustentável.

No Estilismo, movimentos como o *slowfashion* e *ecomoda* estão se tornando cada vez mais comuns, contudo pouco explorada é a conscientização de consumo. Segundo Vezzoli (2005), antes de pensar em otimização ambiental precisamos pensar em vida útil de produto. Neste viés, é possível trazer a tendência de Consultoria de Imagem que complementa todos os movimentos ecológicos na Moda, tendência esta conhecida como armário-cápsula.

O armário-cápsula é, praticamente, um estilo de vida, onde o menos é mais. As pessoas aprendem a viver com pouco, mas com qualidade, sem acúmulos de roupas desnecessárias, economizando dinheiro, normalmente, gasto com supérfluos da moda. A organização para a montagem das combinações é uma das principais características para um ótimo resultado de armário-cápsula, e a utilização de peças atemporais é fundamental na construção do guarda-roupa.

O Objetivo geral da pesquisa é investigar como a construção de um armário-cápsula e a utilização de peças atemporais podem resultar em um comportamento sustentável. Desta forma, apresenta-se como objetivos específicos os seguintes itens: analisar o ciclo de vida do produto de moda; investigar quais são os conceitos de produto atemporal; apontar o perfil dos consumidores de moda; analisar os conceitos de efemeridade e estilo pessoal; investigar os conceitos para a criação de um armário-cápsula e identificar os elementos que tornam um produto sustentável.

A pesquisa torna-se relevante tanto para o consumidor, quanto para o designer\estilista que está à frente de uma marca, pois o consumidor passará a conhecer uma proposta diferenciada de consumo e o estilista passará a ter o conhecimento das atuais necessidades do consumidor. Na área acadêmica, observa-se um amplo campo de estudos sobre a sustentabilidade já propostos pela *slowfashion*, todavia não tão explorado enquanto comportamento do consumidor.

Para a realização desta pesquisa, além de utilizar o método de revisão bibliográfica, será utilizado o método exploratório, que segundo Malhotra (2006) tem como finalidade deixar claro o entendimento do problema, a compreensão do assunto e os fatores relevantes. Segundo Gil (2008), pesquisas exploratórias tem objetivo de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. O autor afirma que o método é, principalmente, utilizado, quando um assunto é pouco explorado, com dificuldade de criar hipóteses. O levantamento bibliográfico faz parte do método exploratório, que de acordo com Gil (2008), é o levantamento de materiais já elaborados sobre os assuntos abordados na pesquisa.

2. Referencial teórico

Os objetivos específicos do presente artigo direcionam ao estudo mais aprofundado de divergências e convergências de ideias, segundo os autores destinados relevantes para os seguintes tópicos: Ciclo de vida do produto de moda; Peças atemporais; Perfil do consumidor de moda; Efemeridade e estilo pessoal; Armário-cápsula e; Sustentabilidade e Consumo na Moda.

Ciclo de vida do produto de moda

O produto de moda possui um ciclo comum com introdução, crescimento, desenvolvimento, maturidade e declínio. Ao ser introduzido no mercado, o produto possui um preço elevado, não somente por ser novidade mas também tendo em vista os gastos com pesquisa, desenvolvimento e marketing. No crescimento, ocorre a entrada de concorrência, então aumenta o investimento em propaganda e o preço baixa levemente, tudo para dificultar as marcas que entram com o mesmo produto no mercado. No desenvolvimento, as vendas crescem e continuam se ampliando, ao mesmo tempo são feitas novas pesquisas de produtos para lançar, antecipando-se da concorrência existente. Na maturidade, o produto já não encanta novos consumidores, ele pode ser mantido no mercado, mas há a necessidade de novos objetos de desejo. No declínio, os produtos menos rentáveis são até retirados do mercado, e assim já ocorre o lançamento de uma nova coleção com novos produtos (COBRA, 2007).

Uma outra forma de traçar o ciclo de vida do produto de moda, é o sugerido por Teptow (2003): Lançamento; Consenso; Consumo; Massificação; e Desgaste. Um lançamento é aprovado a partir do momento em que as pessoas se identificam com o produto e aceitam ele como tradução do seu estilo, passando assim pelo consenso e o consumo. Quando o consumo começa a se tornar elevado, ocorre a massificação do produto, em consequência sofre o desgaste, sendo considerado obsoleto e dando espaço para uma nova tendência.

Tabela 1. Termos utilizados com mesmo sentido pelos autores.

Autores	Termos			
COBRA 2007	Introdução	Desenvolvimento	Maturidade	Declínio
TREPTOW 2003	Lançamento	Consenso e consumo	Massificação	Desgaste
JONES 2011	Introdução	Crescimento	Ponto de saturação	Declínio

Jones (2011) divide o ciclo do produto de moda em três tipos: novidades, clássicos e destaques de moda e estilo (Tabela 2). As novidades têm um ciclo mais curto com a introdução, crescimento, um ponto de saturação e declínio rápido (Tabela 1). Elas também, provavelmente, não aparecerão em novas coleções em um curto prazo de tempo. Os clássicos possuem a introdução do produto, um ponto de saturação, um suave declínio que se mantém igual até a manutenção das vendas, onde o ciclo se eleva novamente, mas não há uma grande oscilação, é uma linha praticamente constante. Os destaques de moda e estilo possuem a introdução, crescimento, ponto de saturação e declínio, porém diferente das novidades, elas tendem a aparecer rapidamente em uma nova coleção.

Tabela 2. Diferença entre três produtos de moda.

JONES 2011	Novidades	Clássicos	Destaques de Moda e Estilo
Ciclo	Curto	Estável	Periódico
Introdução	Rápido	Suave	Suave
Crescimento	Rápido	Suave	Comum
Ponto de saturação	Rápido	Suave	Rápido
Declínio	Rápido	Retomável	Retomável

Por mais que o ciclo do produto de moda seja descrito de forma semelhante entre os três autores, como podemos ver na Tabela 1, Jones (2011) é o único que traça ciclos diferentes para cada tipo de produto da coleção, mostrando assim que os clássicos possuem um ciclo estável, ou seja, sempre há um público comprador deste produto, ocorrendo suaves pontos de saturação com um declínio retomável.

Peças atemporais

Básico, clássico e tradicional são palavras comuns entre os autores de moda, muitas vezes utilizadas com o mesmo sentido. Em um projeto de moda, Treptow (2003) define dois parâmetros da coleção: mix de produtos e mix de moda. O mix de produtos está ligado a variedade de produtos que a empresa oferece para seus clientes, já o mix de moda são as categorias dadas aos produtos, são elas: básicos, fashion e vanguarda. Os básicos são modelos que estão presentes em quase todas as coleções e possuem certeza de venda. A porcentagem de produtos básicos depende do público-alvo da marca. Por exemplo: se há consumidores mais clássicos são necessárias mais peças básicas no quadro de coleção. Jones (2011) trata as peças básicas como clássicas, como podemos observar na Tabela 2 mostrada anteriormente.

Já na área de consultoria de imagem, Kalil (2008, p.101) define as peças básicas como clássicas e de fácil combinação entre si, roupas que todo mundo deveria ter no guarda-roupa. Segundo a autora, "o básico é o pano de fundo para sua personalidade". No capítulo "A moda de todo dia", ela constrói uma lista de trinta e quatro itens relevantes.

Na década de 1990, Mesquita (2004, p.56) afirmou o conceito de "menos é mais" e este foi aderido por muitos criadores que desencadeou numa onda minimalista. O sucesso foi tão grande que muitas marcas continuam com estas linhas até hoje, pois existe uma clientela certa. Contudo, o foco publicitário é voltado para as tendências da estação e não para estas peças.

Compreende-se assim, que os termos "peças básicas", "minimalistas", "clássicas" e "tradicionais" são utilizadas, em geral, para definir uma peça atemporal, e não seguir literalmente o que as palavras significam. Mesmo que os termos sejam utilizados em situações diferentes, todos implicam na durabilidade visual do produto.

Perfil do consumidor de Moda

Designers, estilistas e pessoas que trabalham com o desenvolvimento de marcas, já estão acostumados a traçar o perfil de um consumidor de uma forma detalhada e específica. Necessita-se coletar um leque diversificado de informações sobre o público em questão, no entanto alguns autores descrevem o consumidor de moda de uma forma mais ampla e generalizada.

De uma forma geral, Cobra (2007) retrata o consumo de moda hedonista. Conforme o autor, a tendência dos consumidores é expressar a personalidade por meio de significados. Quanto mais exposto a noticiários e mídias em geral, mais receptivo a novidades o consumidor se torna.

Já Treptow (2003) classifica os consumidores em três grupos: Tradicional (que salienta conforto, durabilidade e preço justo, correspondente a 60% dos consumidores); Fashion (que é flexível, alerta a modismos, procura estar em forma, correspondente a 30% dos consumidores); Vanguarda (que é rebelde, inovador, não é fiel a etiquetas, correspondente a 10% dos consumidores). Estes grupos foram separados de acordo com seus hábitos de consumo e esta divisão é denominada estilo do consumidor. Em um quadro de coleção, é estimado as seguintes porcentagens para peças: básicas (pelo

menos 10%), fashion (70%) e vanguardas (20%). Observa-se que a porcentagem de criação sugerida pela autora não é proporcional à realidade do mercado de consumo.

Cidreira (2005) decorre sobre a mudança do consumidor de moda dos anos 1970 para a atualidade. Mostra que de passivo, tornou-se ativo e que, muitas vezes, era teleguiado, passando, agora, para singularidade de critérios. A partir da década de 1990, fica claro a infidelidade em relação às marcas e a relevância do estilo pessoal do consumidor.

Cada vez mais é claro que o significado de um produto é muito mais relevante que o produto em si. Desta forma, a maneira de vender o produto está em constante transformação, pois não importa o quão simples seja, é o consumidor que consegue adaptar com seu próprio estilo, de acordo com os significados dados.

Efemeridade e Estilo pessoal

Estilo significa a maneira particular que cada um expressa seus pensamentos, suas emoções, seus sentimentos, é uma forma de expressão com identidade inserida, que resultam em uma assinatura, uma unicidade. De outro modo, pode significar a qualidade de algo ou alguém apresentar características estéticas originais (CIDREIRA, 2005).

Na realidade contemporânea, o indivíduo converte-se no foco de referencial de moda, fazendo com que as tendências não se imponham com a mesma intensidade. Mesquita (2004) explica que isso ocorre, devido à globalização dos meios de comunicação. A autora defende a ideia de que atualmente a informação chega mais rápido ao consumidor, o que atinge um número maior de pessoas que tem acesso à moda. Por causa desta velocidade com que as notícias chegam, as pessoas têm a impressão do tempo passar mais rápido, conseqüentemente, esta impressão é refletida na moda, com um consumo acelerado.

O mundo cansou de moda, as pessoas não querem mais seguir padrões de modismos e sim serem valorizadas pelas suas características pessoais. Este fato foi constatado por observar a vontade que o consumidor possui de opinar sobre seus objetos de consumo (COBRA, 2007).

A efemeridade, na moda, está dando cada vez mais espaço para o desenvolvimento do estilo pessoal, pois, na análise da maneira com que os autores debatem o assunto, passa a impressão que nem os próprios consumidores de moda conseguem acompanhá-la, pois preferem assim assumir seu estilo próprio. Segundo a consultora de imagem Aguiar (2006, p.39), "o estilo é a expressão pessoal de quem somos, a expressão do caráter e do mundo a nossa volta", descobrir o próprio estilo é uma maneira de evitar modismos desnecessários e um consumo desenfreado.

Estilo é o que faz de você única. É o modo de dizer ao mundo "sou singular". Por isso mesmo, o estilo é mais do que uma maneira de se vestir: é um modo de ser, viver e agir. São suas escolhas particulares, suas preferências, desejos, humores e até fantasias. Estilos são os modos, não as modas e modismos. A moda é uma proposta da indústria. O estilo é uma escolha pessoal. Embora possa parecer estranho, na verdade o estilo não tem muito a ver com a moda. Ela passa, o estilo permanece (KALIL 2008, p.11).

Segundo Cidreira (2005), o consumidor da atualidade torna-se seu próprio emissor de tendências, pois mostra-se maduro e exigente sobre suas escolhas. Considera estilo uma palavra chave para entrar no universo concorrencial.

Traçando um cenário para o futuro da moda, Garcia aposta no fim da fidelidade a marcas, e na valorização cada vez maior do estilo pessoal. O consumidor cria seu visual com liberdade, combinando peças de diferentes marcas, buscando expressar sua identidade (TREPTOW 2003, p.31).

Nota-se que as marcas devem prestar cada vez mais atenção no comportamento do seu público-alvo e preocupar-se com a relevância que o estilo pessoal vem contemplando, pois além da mudança de hábitos do consumidor, que se torna cada vez mais comum, as marcas precisam lidar com a velocidade com que as tendências chegam e mudam.

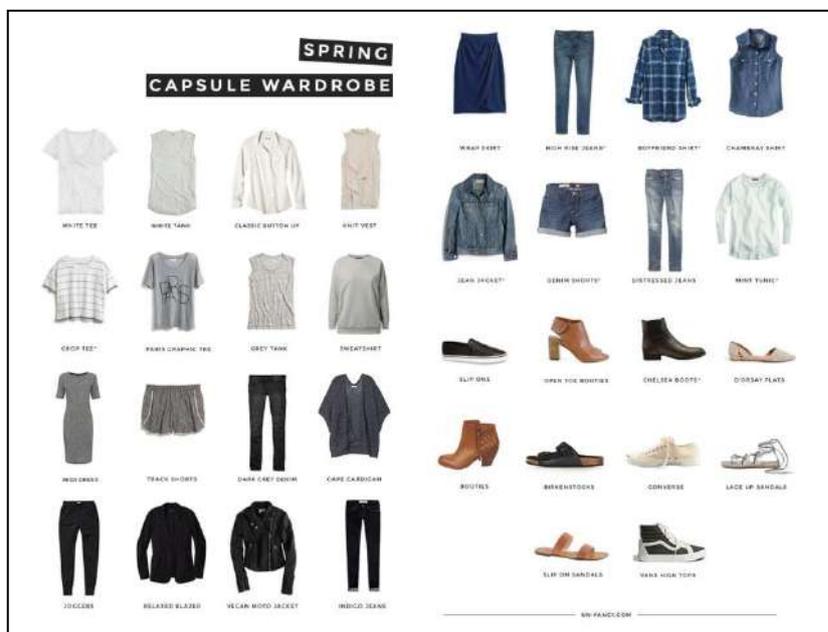
Armário-cápsula

O termo armário-cápsula surgiu na década de 1970 pela consultora de moda Susie Faux. Em seu livro, *Wardrobe: develop your style and confidence*¹ (1988), afirma que é possível ter estilo e vestir-se bem com poucas peças de roupa. Ela foi pioneira no assunto e influenciou outras consultoras, inclusive brasileiras, a disseminar o conhecimento sobre o armário-cápsula.

Aguiar (2006) trata o armário-cápsula como grupos de roupas dentro do armário. A autora sugere que estes grupos sejam separados de doze em doze peças, possibilitando trinta ou mais combinações diferentes. A ideia é que cada grupo tenha uma função diferente, como por exemplo: trabalho, lazer, festa e ginástica. Desta forma, finaliza demais explicações dando dicas e instruções para construir o armário-cápsula.

Atualmente, temos duas grandes referências, quando o assunto é “viver bem com pouco”, a escritora Marie Kondo e a blogueira Caroline do blog *Unfancy*². Kondo (2015) não utiliza o termo “armário-cápsula”, todavia dedica um capítulo inteiro de seu livro à organização de roupas. O conceito principal desenvolvido pela autora é o término da acumulação relacionado com a verdadeira necessidade de possuir. A autora traz um pouco da cultura oriental em sua metodologia. Ao invés de fazer questionamentos complexos sobre o descarte dos objetos, fundamenta as decisões de acordo com o sentimento de felicidade, pois acredita na energia depositada pelas pessoas naquilo que possuem.

Figura 1. Armário-cápsula de primavera – Caroline Unfancy.



Fonte: Blog Unfancy. Acesso em: 15 de abril de 2017.

¹ Fonte de informação site profissional da autora: <<https://goo.gl/keTmU2>> Acesso em: 20 de Abril de 2017.

² Blog *Unfancy*: <<http://www.un-fancy.com/>> Acesso em: 15 de Abril 2017.

Já Caroline, de acordo com seu site profissional, o blog *Unfancy*, começou seu "capsule experement", em 2014, antes disso dizia ter um armário cheio de peças baratas, porém nada a se vestir. A metodologia de armário-cápsula desenvolvida por Caroline, implica em ter em seu guarda-roupa trinta e sete peças por estação. Em seu blog, mostra suas combinações (Figura 1), explica como começar um armário-cápsula, mostra como foi sua experiência e coloca-se à disposição, em suas redes sociais, para tirar dúvidas de suas seguidoras.

Independente da metodologia aplicada, o armário-cápsula tem como forte característica a negação da acumulação, diminuição considerável do consumismo desnecessário, investimento em peças duráveis, de qualidade e atemporais, economia financeira, facilidade na decisão do que vestir no dia-a-dia e pensamento sustentável, referente ao descarte constante de peças de roupas.

Sustentabilidade e consumo na Moda

A sustentabilidade é um assunto que surgiu na década de 1970, em uma Conferência das Nações Unidas, para sugerir a não-destruição do meio ambiente, mesmo com o desenvolvimento industrial e econômico dos países. Com o passar do tempo, outros eventos importantes foram criados para a conscientização e compromisso político, em estimular o desenvolvimento sustentável no Estado (SCHULTE, 2015).

Segundo Vezzoli (2005), antes de pensar em otimização ambiental, devemos refletir sobre vida útil de um produto e a importância de projetar, considerando a durabilidade e a intensificação de uso dos produtos. Segundo o autor, a vida útil varia de um produto para outro, dependendo de vários fatores que culminam no descarte. As principais razões que levam um produto ao descarte são: degradação pelo uso, degradação por causas naturais, degradação por uso impróprio e obsolescência tecnológica, cultural e estética.

Um produto que é mais durável que outro, exercendo a mesma função, determina geralmente um impacto ambiental menor. Se um produto dura menos, ele de fato não só gera precocemente mais lixo, mas determina também impactos indiretos, como a necessidade de substituí-lo. A produção e a distribuição de um novo produto que deva substituir um outro obriga, de fato, ao consumo de novos recursos e gera novas emissões no ambiente (VEZZOLI 2005, p. 182 e 183).

O questionamento sobre o consumismo desenfreado e desnecessário, de acordo com Schulte (2015), é o primeiro passo para um pensamento socioambiental no ramo da moda. A autora considera que deve ser realizada uma reconfiguração na relação do consumidor com os objetos adquiridos, levando em consideração a experiência de compra e efemeridade do produto.

Desta forma, observa-se que o consumo de produtos duráveis pode ser considerado um comportamento sustentável, desde que utilizado corretamente pelo consumidor. O que precisa ser trabalhado para que este movimento ocorra de uma forma mais enfáticas é a conscientização das marcas e dos próprios consumidores.

3. Análise

Para o desenvolvimento da análise foram pesquisados os seguintes assuntos: Ciclo de vida do produto de moda; Peças atemporais; Perfil do consumidor de moda; Efemeridade e estilo pessoal; Armário-cápsula; e Sustentabilidade e Consumo na Moda. Todos os assuntos abordados no referencial teórico estão interligados, de forma que cada um complementa o outro.

A partir do tópico Sustentabilidade e Consumo na Moda, percebe-se que o primeiro passo para criar produtos sustentáveis é pensar em sua durabilidade, ou seja, uma vida útil prolongada. Desta forma, é possível realizar uma conexão entre "vida útil" de um produto com o "ciclo de vida" de um produto de moda. Contudo, a forma com que os autores de moda lidam com o termo é apenas demonstrativa, porque mostram as fases que passam os produtos de moda, aceitando seu declínio e descarte. Diferente de Vezzoli (2005), que além de discutir sobre vida útil de produto, propõe requisitos para evitar o descarte.

O mais próximo de um pensamento de durabilidade no Ciclo de Vida do Produto de Moda, foi realizado por Jones (2011), onde constrói uma linha de raciocínio exclusivamente para produtos clássicos na qual compradores fixos e pouco declínio em seu ciclo. A constatação de Jones (2011) vem de acordo com o perfil do consumidor de moda traçado por Treptow (2003), que segundo a autora, o perfil tradicional corresponde a 60% dos consumidores de moda, assim, segundo Jones (2011), compreende-se o motivo pelo qual o ciclo de vida dos produtos clássicos é estável.

Ainda sobre o perfil do consumidor, destaca-se a personalização e singularidade deste indivíduo mostradas por Cobra (2007) e Cidreira (2005). Características estas que são mais exploradas no tópico Efemeridade e estilo, onde são apontadas explicações sobre este comportamento. Mesquita (2004) afirma que a globalização fez com que as tendências perdessem a força, pois como tudo acontece rápido, e o acesso é tão veloz quanto o acontecimento, a valorização do estilo pessoal ganha força. Segundo Aguiar (2006), conhecer o próprio estilo evita consumidores caírem em modismos e, conseqüentemente, em consumos desnecessários.

A construção de um armário-cápsula vem de encontro tanto com o perfil de consumidor de moda, que são pessoas que buscam durabilidade e conforto em suas peças, quanto na ideia de "durabilidade para sustentabilidade" de Vezzoli (2005), e na questão de valorização do estilo pessoal comentada por Mesquita (2004), Cidreira (2005), Cobra (2007) e Aguiar (2006), haja vista que além de economizar tempo, e dinheiro, a técnica estimula a desnecessidade de um consumismo constante.

Por mais que as peças atemporais tenham diferentes denominações, como por exemplo: básicas, tradicional e clássicas, elas aparecem como protagonistas na construção de um armário cápsula, justamente por todos os quesitos que a tornam atemporal. É importante ressaltar que estas peças precisam ter qualidade, caso não tenham, perdem o sentido de serem consideradas atemporais e sustentáveis.

4. Conclusão

A partir do momento em que possuímos a informação de que 60% dos consumidores são tradicionais, e que o consumo de moda sofre uma grande alteração nos últimos anos com a necessidade do consumidor de singularidade, nota-se a importância das peças atemporais no mix de moda de uma coleção, pois estas darão flexibilidade para o consumidor traduzir o seu estilo pessoal de forma livre.

Mesmo que a relevância destas peças seja considerada, é visível a necessidade de uma reeducação sobre o consumo, porque não adianta existir esta grande parcela de consumidores tradicionais que, possivelmente, são usuários de peças atemporais, se hipoteticamente eles consumirem desenfreadamente estes produtos. Com certeza, não deve-se esperar o incentivo de consumo consciente por meio de ações políticas, pois muitos órgãos públicos associam consumo consciente com queda na economia de um Estado. Acredita-se que a informação pode ser disseminada por meio de pesquisadores,

consumidores conscientes, ou até mesmo explorada em movimentos como o *Fashion Revolution*³.

A grande questão, na construção do presente artigo, era investigar como peças atemporais e a construção de um armário-cápsula poderiam culminar em um comportamento sustentável. Dessa maneira, conclui-se que o fato mais relevante para esta consideração, é de que a técnica em questão valoriza a vida útil do produto prolongando-a dentro de um guarda-roupa. A técnica também estimula o consumo consciente, onde explora de forma eficiente e natural reeducação comportamental do consumidor.

Os objetivos específicos foram traçados justamente pensando em possíveis respostas para a questão geral e, surpreendentemente, todos os pontos pesquisados estão interligados, como foi possível perceber na análise. Não obstante, foram trabalhados de forma clara e explicativa no referencial teórico.

A pesquisa em questão instiga pesquisadores, consumidores e produtores de moda a pensarem por um diferente viés sustentável, não considerando apenas a cadeia produtiva das roupas, mas sim elementos secundários como a utilização, compra, consumo e o pós-compra, enquanto vida útil de produto. A união de dois dos grandes segmentos da moda, Estilismo e Consultoria de Imagem, também influenciam pesquisadores a buscar novas ideias de como estas profissões podem trabalhar juntas em busca de um planeta mais sustentável.

Referências

AGUIAR, Titta. **Personal Stylist: guia para consultores de imagem**. 4ª edição. São Paulo. Editora Senac, 2006.

BAUER, Martin W. GASKELL, George. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: Um manual prático**. 10ª edição. São Paulo. Editora Vozes, 2012.

CIDREIRA, Renata P. **Os sentidos da Moda**. 2ª edição. São Paulo: Annablume, 2005.

COBRA, Marcos. **Marketing e Moda**. 2ª edição. São Paulo: Editora Senac São Paulo, Cobra Editora & Marketing, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.

JONES, Sue Jenkyn. **Fashion design**. São Paulo: Cosac & Naify, 2005.

KALIL, Glória. **Chic: Um guia básico de moda e estilo**. 28ª edição. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008.

KONDO, Marie. **A mágica da Arrumação: a arte japonesa de colocar ordem na sua casa e na sua vida**. Rio de Janeiro: Sextante, 2015.

MALHOTRA, Naresh K. **Pesquisa de Marketing: Uma Orientação**. 6ª edição. Bookman Companhia, 2006.

³ Movimento mundial com ideologias ambientais e sociais. Site oficial: < <http://fashionrevolution.org/> > Acesso em: 20 de Abril de 2017.

MESQUITA, Cristiane. **Moda contemporânea: quatro ou cinco conexões possíveis.** Edição única. São Paulo: Editora Anhembi Morumbi, 2004.

SCHULTE, Neide Köhler. **Reflexões sobre moda ética: contribuições do biocentrismo e do veganismo.** Florianópolis: Editora UDESC, 2015.

TREPTOW, Doris. **Inventando Moda.** 2ª edição. Brusque: Editora, 2003.

VEZZOLI, Carlo; MANZINI, Ezio. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os requisitos ambientais dos produtos industriais.** 1ª edição, 1ª reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

SECAGEM DO BIOSSÓLIDO EM UMA ESTUFA AGRÍCOLA

Drying the biosolids in an agricultural stove

Ana Gabriella Vassoler de Andrade Santos, Alessandro Augusto Rogick Athiê, Rodrigo de Freitas Bueno, Emília Satoshi Miyamaru Seo

Centro Universitário Senac - CAS

Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade

ag_gabriella@hotmail.com, alessandro.aathie@sp.senac.br, rodrigo.bueno@ufabc.edu.br, emília.smseo@sp.senac.br

Resumo. O presente estudo teve como objetivo avaliar as potencialidades das estufas agrícolas para a pós-secagem do excesso de lodo de reatores anaeróbios de estações de tratamento de esgoto (UASB). Como metodologias do estudo, foram realizados primeiramente os levantamentos bibliográficos e o dimensionamento do leito e estufa agrícola. Em seguida, foram determinados como parâmetros de avaliação do lodo as medidas de temperatura, umidade, peso das amostras, pH e série de sólidos, seguindo-se as metodologias de análises do Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos do MAPA (2014) e normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Baseado no dimensionamento, a estufa agrícola construída teve dimensões de 2,5x1,5x1,5 metros. Em seu interior, foi realizada a secagem do lodo em um ciclo de 20 dias. Como resultados da secagem do lodo, concluiu-se que a estufa construída foi efetiva para a retenção de calor em seu interior, retendo 34,76% de calor. Em relação ao lodo, este obteve uma redução de umidade de 75% e aumento no teor de sólidos em 78%, passando de um lodo fluido para granular ao término do experimento, com redução de peso de 73,33% do inicial.

Palavras-chave: Biossólido, Secagem do lodo, UASB.

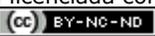
Abstract. *The present study aimed to evaluate the potential of agricultural greenhouses for the post-drying of excess sludge from anaerobic reactors of sewage treatment plants (UASB). As methodologies of the study, first were performed bibliographic surveys and the design of the bed and the greenhouse. Then, the parameters of the sludge were determined as measurements of temperature, humidity, sample weight, pH and solids series, following the analysis methodologies of the Manual of official analytical methods for fertilizers and correctives of MAPA (2014) and the regulations of the Brazilian Association of Technical Standards. Based on the design, the built agricultural stove had dimensions of 2.5x1.5x1.5 meters. In its interior, the sludge was dried during 20 days. As a result of sludge drying, it was concluded that the greenhouse was effective for retaining heat in the interior, retaining 34.76% heat. Regarding sludge, this achieved a reduction of 75% moisture and increased solids content of 78%, passing a fluid to granular sludge at the end of the experiment, with 73.33% of the initial weight reduction.*

Key words: Biosolids, Sludge drying, UASB.

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>
E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

O esgoto é um líquido cuja sua composição é, em média, 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos, sendo que 75% destes sólidos são constituídos de matéria orgânica em decomposição. Dentre os sólidos, estes podem ser sedimentáveis, não sedimentáveis e dissolvidos. Nesses sólidos, pode haver a proliferação de microrganismos patogênicos, além da possível presença de poluentes tóxicos, como os metais pesados, provenientes de efluentes industriais (METCALF & EDDY, 1991, *apud* NUVOLARI, 2011).

O sistema mais utilizado em estações de tratamento de esgoto convencionais são os Sistemas de Lodo Ativado, e apresentam inúmeras variações. Este é constituído por diversas unidades, e têm por finalidade a remoção dos sólidos presentes no esgoto (NUVOLARI, 2011).

Devido à predominância da água na composição do esgoto, admite-se que suas propriedades físicas são as mesmas da água, e, portanto, suas reações à ação de forças externas e seu escoamento em tubulações e canais é tratado como se fosse o da água (NUVOLARI e ARAÚJO, 2011). A grosso modo, pode-se dizer que tratar esgotos sanitários é basicamente remover os sólidos presentes, e esta remoção ocorre através de processos físicos, químicos e biológicos em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), no qual estes sólidos depositam-se no fundo dos decantadores, gerando uma biomassa conhecida como lodo (NUVOLARI, 2011).

Desta forma, o lodo representa o subproduto das estações de tratamento de esgoto, no qual se concentram poluentes, nutrientes e contaminantes. A geração deste lodo está diretamente relacionada à eficiência de tratamento da ETE, de modo que, quanto mais avançado for o tratamento, maior será a quantidade de lodo gerado no processo, que deve ser gerenciado e disposto adequadamente no meio ambiente, de forma a evitar problemas de contaminação ao meio (EPSTEIN, 2003, *apud* CORRÊA *et al*, 2007).

Como a geração de lodo tem sido cada vez maior nas grandes cidades, devido ao aumento da coleta de esgoto e avanço das tecnologias utilizadas para a remoção de sólidos, o posterior gerenciamento e descarte deste lodo de forma ambientalmente correta tem sido um desafio aos grandes centros urbanos (CORRÊA *et al*, 2007).

Pensando em formas de reutilização deste lodo e seus derivados ao invés do simples descarte deste no meio ambiente, foi criado o termo *Biossólido*, visando o reaproveitamento do lodo, sobretudo no setor agrícola. Definido pela USEPA- United States Environmental Protection Agency- (1995), biossólidos representam qualquer produto orgânico resultante de estações de tratamento de esgotos que, passado por devido tratamento e correção, podem ser benéficamente utilizados ou reciclados. A necessidade de tratamento deste lodo antes de sua utilização como biossólido é de suma importância, visto que este pode conter a presença de organismos como vírus, bactérias, protozoários e helmintos, que se relacionam diretamente às questões de saúde pública (USEPA, 1995).

A reciclagem de lodo para fins agrícolas é uma técnica que tem se destacado nos últimos anos. Tal técnica transforma um resíduo, antes sem novas utilidades a não ser o descarte, em um insumo agrícola, que fornece ao solo nutrientes e matéria orgânica. Além disso, na agricultura, tais biossólidos apresentam benefícios, como a diminuição do uso de fertilizantes químicos e melhoria das condições de balanço do CO₂ pelo incremento da matéria orgânica no solo (OUTWATER, 1994).

Do ponto de vista ambiental, tal técnica auxilia na redução do volume de resíduos destinados aos aterros sanitários, e respeita a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei 12.305/2010, que estabelece que a disposição final de rejeitos em aterros

sanitários é a última medida a ser adotada, devendo-se priorizar métodos de redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos (MMA, 2012).

Desta forma, a reciclagem dos resíduos proveniente de ETEs almeja trabalhar o lodo não mais como resíduo, e sim como produto de potencial agrônomico, denominado biossólido. Além de apresentar uma solução definitiva para o problema de disposição final do lodo, viabiliza a reciclagem de nutrientes e promove melhorias físicas na estruturação do solo (ANDREOLI *et al*, 1994, *apud* ANDREOLI 1998).

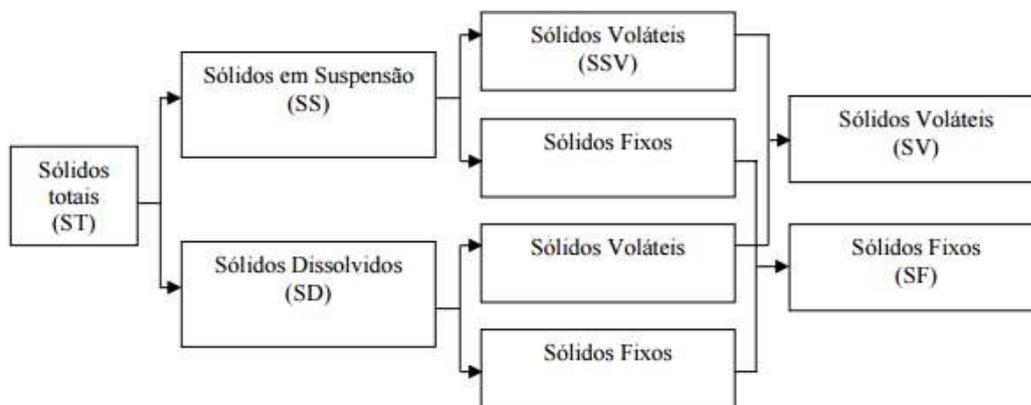
O presente artigo tem por objetivos avaliar as potencialidades das estufas agrícolas para a pós-secagem do excesso de lodo de reatores anaeróbios de estações de tratamento de esgoto (UASB).

2. Lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto e sua necessidade de tratamento

O lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto é constituído de água e sólidos. Esta relação entre água e sólido é tal que uma massa de lodo com umidade de 80% possui teor de sólidos de 20% (MELO, 2006).

A parte sólida do lodo pode ser classificada de acordo com o tamanho e sua fração orgânica. Ao analisar o tamanho de uma partícula sólida, esta pode ser classificada em Sólido Suspenso (SS) ou Sólido Dissolvido (SD). Em relação à matéria orgânica, estes podem ser inorgânicos e Fixos (SF), ou orgânicos e Voláteis (SV) (ANDREOLI *et al* 2001). A Figura 1 indica a distribuição de sólidos em lodo.

Figura 1- Distribuição de sólidos em lodo

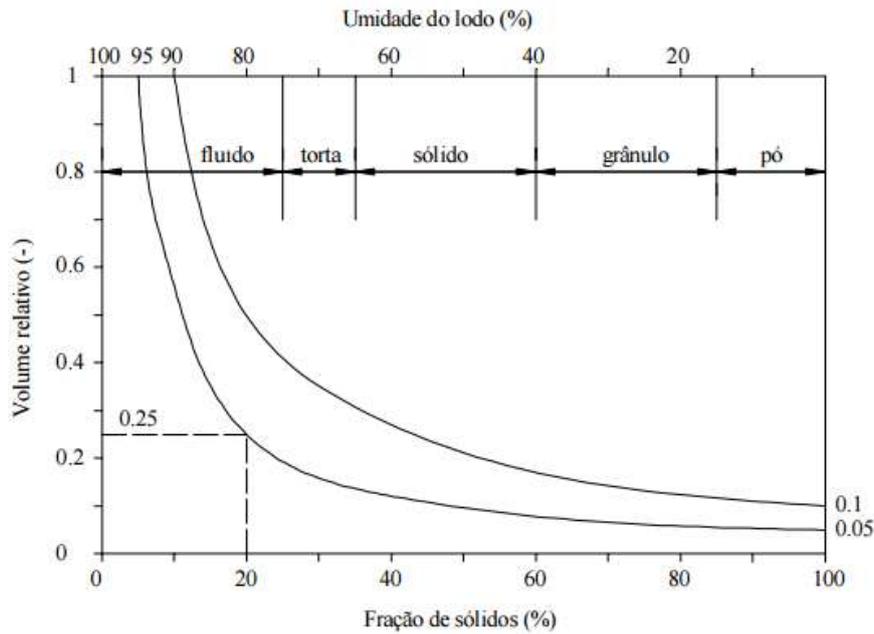


Fonte: ANDREOLI *et al*, 2001.

A fração orgânica de um lodo e seu nível de digestão pode ser determinada a partir da relação entre os Sólidos Voláteis e os Sólidos Totais. Em lodos digeridos a fração orgânica do lodo (SV/ST) situa-se entre 0,60 e 0,65, enquanto que em lodos não digeridos estes valores podem variar entre 0,75 e 0,80 (ANDREOLI *et al*, 2001, *apud* MELO 2006).

Em relação à umidade do lodo, a quantidade de água presente influi nas propriedades mecânicas e de manuseio do mesmo, além de variar o volume relativo e a fração de sólidos, como indica a Figura 2.

Figura 2- Relação entre o volume de lodo e sua umidade ou fração de sólidos



Fonte: Van Haandel & Lettinga,1994, *apud* MELO 2006.

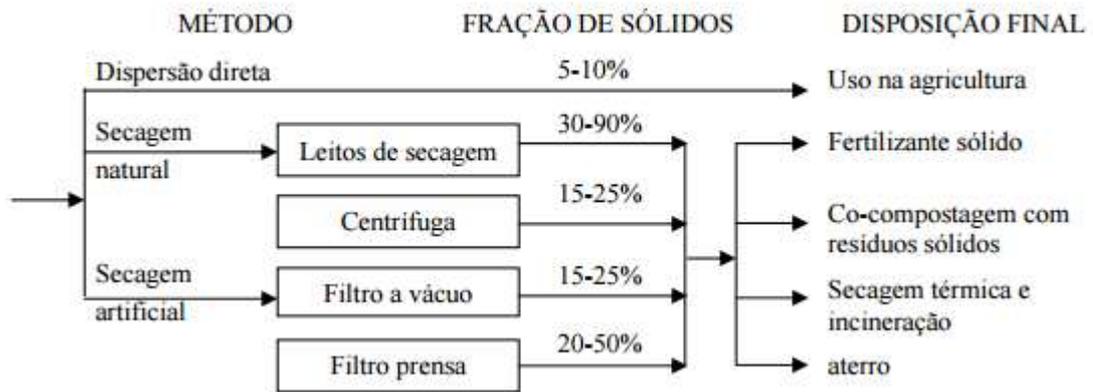
Na medida em que há uma redução na porcentagem de umidade do lodo, ocorre simultaneamente um aumento da fração de sólidos do mesmo. A quantidade de água presente relaciona-se à consistência do lodo, que passa de fluído à torta de lodo na medida em que se reduz a umidade. Quando a redução de umidade atinge valores próximos a 65%, o lodo começa a obter uma característica mais sólida. Atingindo-se valores de porcentagem de umidade inferiores a 40%, este se torna um grânulo duro, e umidades abaixo de 15% o transformam em um pó fino, que se desintegra facilmente. Diminuindo-se a umidade do lodo, além de alterações em sua consistência, há também uma diminuição significativa de seu volume, além do consequente aumento da concentração de sólidos totais presentes (MELO, 2006).

Como os lodos representam um subproduto proveniente de estações de tratamento de esgoto, estes concentram grande carga de microrganismos patógenos, como helmintos, protozoários, fungos, vírus e bactérias, sendo de suma importância seu tratamento antes da reutilização (ANDREOLI *et al*, 2001).

A diminuição da umidade do lodo diminui as possibilidades de existência de alguns microrganismos de veiculação hídrica, relacionando-se a melhor higienização do lodo. Segundo Van Haandel & Lettinga (1994) citado por Melo (2006), existem alguns métodos para a diminuição da umidade do lodo, podendo ser métodos de secagem natural, artificial ou dispersão direta, como apresenta a Figura 3.

Métodos de dispersão direta conseguem atingir fração de sólidos de 5 a 10% em massa, com sua disposição final para uso agrícola. Métodos de secagem natural englobam leitos de secagem, com possibilidade de fração de sólidos de 30 a 90% em massa, e centrífugas, com teor de sólidos entre 15 e 25%. Entre os métodos de secagem artificial há o filtro a vácuo, com possibilidade de obtenção de teor de sólidos de 15 a 25% em massa, e o filtro prensa, com teor de sólidos de 20 a 50%. Como possibilidades de disposição final dos métodos de secagem direta e indireta, estes podem ser utilizados como fertilizantes sólidos; em processos de co-compostagem com resíduos sólidos; secagem térmica e incineração, ou a disposição final em aterros.

Figura 3- Métodos de secagem de lodo e a fração de sólidos correspondentes



Fonte: Van Haandel & Lettinga, 1994, apud MELO, 2006.

Realizada a etapa de secagem do lodo, faz-se necessária sua higienização. A etapa de higienização tem por objetivo reduzir as concentrações de microrganismos patógenos, evitando-se os riscos à saúde aos trabalhadores que irão manusear o biossólido, bem como possíveis contaminações no solo aplicado (PINTO, 2001, *apud* LIMA, 2010).

Alguns dos processos comumente utilizados para higienização do lodo, devido aos baixos custos associados, são a compostagem e o tratamento térmico, que se utilizam do aumento da temperatura do lodo para inativação de patógenos, e a caleação, processo no qual a adição de cal modifica o pH do lodo, proporcionando, também, a inativação de patógenos (ANDREOLI, 2001). Independente do processo de higienização utilizado é importante que o lodo já tenha passado pelos processos de estabilização e desaguamento, possuindo umidade reduzida e quantidade de sólidos por volta de 20 a 35%, para que o processo de higienização seja eficiente, reduzindo-se, também, os custos do processo (PINTO 2001, *apud* LIMA, 2010).

3. Leito de Secagem

O leito de secagem é o sistema mais comum de se preparar o lodo digerido para o destino final, no caso, a agricultura. Este é formado por camadas de areia apoiada em brita, possui uma base que pode ser de solo natural ou concreto, e deve ter uma ligeira declividade, para que a umidade escoe pelos drenos (MELO, 2006).

O leito de secagem pode ser coberto ou descoberto. Em leitos cobertos, a cobertura protege o lodo da chuva e pode auxiliar na higienização do mesmo, ocasionado pela elevação da temperatura, decorrente do processo de evaporação e liberação de energia dentro do sistema (MELO, 2006).

Para melhor aproveitamento dos leitos, estes requerem uma área elevada, e a taxa de evaporação da umidade dependerá de fatores como o clima, a natureza do lodo e a carga de lodo aplicada (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994, apud MELO 2006).

O ciclo de secagem do lodo no leito possui quatro etapas sequenciais: tempo de preparação do leito e descarga do lodo; tempo de percolação; tempo de evaporação até atingir a umidade desejada e tempo de remoção dos sólidos (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994, apud MELO 2006).

4. Aplicação de biossólidos na agricultura

No processo de tratamento de esgoto, há a geração de um resíduo conhecido como lodo. Quanto mais avançado e eficiente for o tratamento do esgoto, maior será a geração do lodo. Tal lodo constitui uma massa composta por poluentes, nutrientes, contaminantes e patógenos (EPSTEIN, 2003 *apud* CORRÊA, 2007)

Apesar de possuir muitos benefícios para uso agrícola, o lodo *in natura* pode exibir características indesejáveis, como instabilidade biológica, possibilidade de transmissão de patógenos e grandes volumes. Desta forma, o lodo deve passar por algumas etapas de tratamento até atingir a estabilização de um biossólido.

O tratamento do lodo de esgoto abrange processos físicos, químicos e biológicos. Usualmente, o tratamento do lodo, após a sua geração, inclui uma ou mais das seguintes etapas:

- Adensamento: redução de umidade (redução de volume)
- Estabilização: redução de matéria orgânica (redução de sólidos voláteis)
- Condicionamento: preparação para a desidratação (principalmente mecânica)
- Desidratação: redução adicional de umidade (redução de volume)
- Disposição final: destinação final dos subprodutos.

Os biossólidos são um insumo de grande potencial para uso agrícola, como fertilizante. A utilização deste insumo pode influenciar positivamente algumas características do solo, contribuindo com a redução da erosão e conseqüente melhoria da qualidade dos recursos hídricos.

A utilização de biossólidos na agricultura é uma técnica promissora, tanto sob o aspecto ambiental quanto econômico. Sob o aspecto ambiental, a utilização de tal insumo em áreas agrícolas "traz benefícios às propriedades físicas do solo relacionadas ao estado de agregação das partículas e o conseqüente incremento da capacidade de infiltração e retenção de água" (ANDREOLI, 1998).

A decomposição do lodo de esgotos gera agentes complexantes que facilitam a solubilização de fosfatos combinados no solo a ferro e alumínio, bem como nutrientes em compostos orgânicos de liberação lenta (CARVALHO E BARRAL, 1981, *apud* ANDREOLI, 1998).

Sob o aspecto econômico, trata-se de uma técnica que visa à reutilização de um resíduo, anteriormente sem utilidade, em um produto de potencial agrícola, com propriedades que o tornam especialmente interessante a solos agrícolas desgastados por manejos inadequados, bem como na recuperação de áreas degradadas (ANDREOLI 1995, *apud* ANDREOLI 1998).

Apesar dos benefícios, a reciclagem agrícola não é isenta de problemas. O correto estudo do lodo e do local onde o mesmo será reciclado é de suma importância. O lodo deve enquadrar-se nas exigências de qualidade e cuidados apontados pelas normas para estabilização, desinfecção e possíveis restrições de uso, evitando-se assim riscos associados a elementos traço, agentes patogênicos, problemas de odor e atração de vetores (OUTWATER, 1994).

5. Aspectos Legais da reciclagem de lodo no Brasil

A aplicação dos biossólidos na agricultura deve obedecer às normas brasileiras, a fim de se evitar possíveis riscos à saúde humana ou contaminações no solo. No Brasil, antes da criação de uma resolução de abrangência nacional, apenas três estados já haviam firmado suas próprias legislações a respeito da reutilização de lodos de estações de tratamento de esgoto e seus derivados: Paraná, São Paulo e o Distrito

Federal. Tomando frente dos estudos na área e com valores orientadores mais restritivos, a legislação do Paraná foi tomada como base para a criação da Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 375, de 29 de agosto de 2006, de abrangência nacional, na qual "define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências". Desta forma, como a Resolução Conama é mais restritiva que a legislação de São Paulo, criada em 1999 pela Cetesb, no estado de São Paulo deve-se adotar os valores orientadores fornecidos pela Resolução Conama.

A Tabela 1 indica um comparativo entre os valores de concentrações máximas de metais pesados e indicadores bacteriológicos em lodos de estações de tratamento de esgoto para reuso. Nesta, é possível observar que a Resolução Conama, semelhante à resolução Sema do Paraná, são as mais restritivas.

Tabela 1- Comparativo das concentrações máximas permitidas de metais pesados e indicadores bacteriológicos

Parâmetro	Concentração máxima permitida no lodo			
	Brasil Resolução nº 375/2006 (Conama)	São Paulo P4230/1999 (Cetesb)	Paraná 001/2007 (SEMA)	Distrito Federal (03-07/2006)
Substâncias inorgânicas (mg/kg – base seca)				
Arsênio	41	75	41	20
Bário	1300	-	1300	-
Cádmio	39	85	39	26
Chumbo	300	840	300	500
Cobre	1500	4300	1500	-
Cromo	1000	-	1000	-
Merúrio	17	57	17	15
Molibdênio	50	75	50	-
Níquel	420	420	300	-
Selênio	100	-	100	100
Zinco	2800	7500	2800	2800
Indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos				
Coliformes termotolerantes	< 10 ³ NMP/ g ST	< 2 x10 ⁶ NMP/ g ST	< 10 ³ NMP/ g ST	
Ovos viáveis de helmintos	< 0,25 ovo/ g ST	-	< 0,25 ovo/ g ST	
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 10g ST	3 NMP/ 4g ST	Ausência em 10g ST	
Vírus entéricos	< 0,25 UFP ou UFF/ g ST	-	< 0,25 UFP ou UFF/ g ST	
Cistos de protozoários	-	-	-	< 1/4 g ST

Fonte: ANDREOLI, et al, 2007; BRASIL, 2006; CETESB, 1999; adaptado por LIMA, 2010.

6. Materiais e Métodos

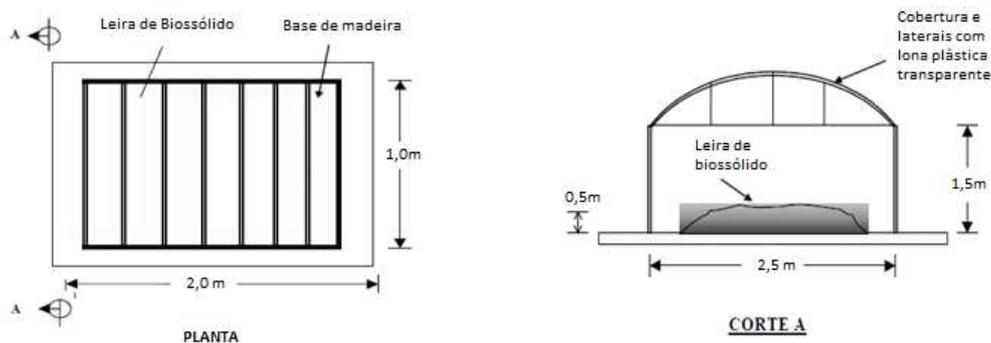
Para avaliação da secagem e higienização do lodo, foi construída uma estufa coberta com lona plástica com dimensões de 2,5 metros de comprimento por 1,5 metros de largura e 1,5 metros de altura. Dentro da estufa foi dimensionado um leito de secagem de lodo, dividido em 07 compartimentos (leiras) com espaçamento de 0,3 metros entre eles e 0,3 metros de altura, com um comprimento total de 2,0 metros por 1,0 metro de largura. A figura 4 composta ilustra as principais dimensões do leito de secagem de lodo (fig. a), e as principais dimensões da estufa agrícola, com o leito

de secagem em seu interior (fig. b). O equipamento foi construído no laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac, seguindo-se as medidas de dimensionamento descritas. O leito de secagem foi construído em madeira MDF e impermeabilizado, e a estufa construída a partir de barras de ferro, cobertas com lona plástica transparente.

Material de partida: O lodo biológico utilizado nesse estudo foi proveniente de um reator anaeróbico de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) em operação no Centro Tecnológico de Hidráulica (CTH) localizado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), São Paulo – Brasil.

Ensaio de secagem de lodo: Considerou-se um ciclo de 20 (vinte) dias de secagem do lodo dentro da estufa agrícola, em triplicatas, colocadas em leiras separadas dentro do leito de secagem, com 3,0 kg de lodo já adensado em cada leira. Para melhor manuseio de cada amostragem do lodo, principalmente para a pesagem dos mesmos, estes foram colocados no leito de secagem dentro de sacos plásticos transparentes. Para a coleta de alíquotas a serem analisadas em laboratório, foi preenchida com lodo uma quarta leira, também com 3,0 kg, utilizada exclusivamente para a retirada de alíquotas (consequente redução da quantidade de lodo e seu peso), não influenciando nos valores obtidos nas leiras de triplicatas.

Figura 4- Principais dimensões do leito de secagem de lodo e estufa agrícola (s/ escala)



(fig. a)

(fig. b)

Desta forma, foram utilizadas, no total, quatro leiras do leito de secagem da estufa agrícola (01 leira para retirada de amostras e 03 leiras em triplicatas), todas com peso inicial de lodo de 3,0 kg, que foram revolvidos mecanicamente 01 vez por dia, de segunda a sexta feira, durante o ciclo do experimento. Após a alimentação do lodo no leito de secagem, foram realizadas, de segunda a sexta feira, medições da temperatura e umidade dentro da estufa, bem como a temperatura e umidade do lodo, em três pontos de cada leira, utilizando-se de aparelho termo higrômetro digital devidamente calibrado. O revolvimento do lodo foi realizado mecanicamente, com uma pá, todos os dias. Também foi realizada a pesagem do lodo de cada leira em uma balança, a fim de medir as diferenças de peso obtidas diariamente devido à evaporação da água presente no lodo. Além disso, foram coletadas diariamente alíquotas da quarta leira, em quatro pontos diferentes da mesma, para serem analisadas em laboratório as concentrações de sólidos totais, fixos e voláteis presentes e o pH das amostras.

Para o controle do processo de secagem do lodo na estufa agrícola, foram definidas variáveis de controle como pH, teor de sólidos, peso, temperatura e umidade do lodo e da estufa.

As análises de peso e temperatura foram realizadas no próprio local no qual se situa a estufa. Para as medidas de temperatura foi utilizado aparelho termo higrômetro digital de marca Akso, e para a pesagem foi utilizada uma balança da marca Filizola com precisão de 100 gramas, todos devidamente calibrados. Para a medição do pH das amostras, foi utilizado como base os procedimentos do Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) de 2014, especificamente o capítulo III do Manual- Análise dos fertilizantes orgânicos e organominerais destinados à aplicação via solo.

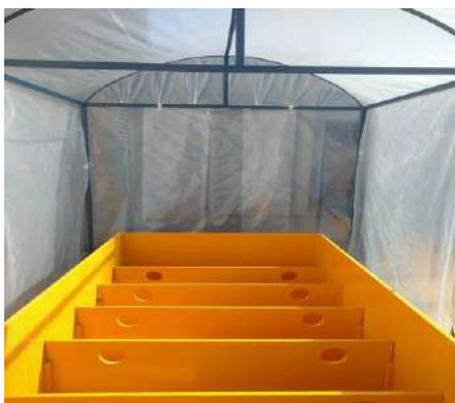
Em relação à umidade e série de sólidos, estes se basearam na normativa NBR ABNT 10664: Água- determinação de resíduos sólidos- Método Gravimétrico⁶, indicado para análises de sólidos em amostras de água, efluentes domésticos e industriais, lodos e sedimentos.

7. Resultados e Discussão

A câmara de estocagem de lodo, ou leito de secagem, foi construída em madeira MDF de 15 mm de espessura. O dimensionamento conta com uma base de 2,0 metros de comprimento por 1,0 metro de largura e 0,5 metros de altura. Dentro da câmara, o espaço interno foi dividido em 07 leiras de aproximadamente 0,3 metros de distância entre elas e 0,3 metros de altura. Por fim, este foi impermeabilizado com Primer P.U. e pintado.

A estufa agrícola que comporta a câmara de armazenamento foi construída a partir de barras de ferro de 2,5 cm de espessura. O dimensionamento da estrutura foi de 2,5 metros de comprimento por 1,5 metros de largura e 1,5 metros de altura, sem contar a altura do arco superior da estufa. A estrutura foi lixada e pintada para melhor acabamento. Além disso, na base foram soldadas 06 rodas com capacidade de suporte de 300 kg cada, facilitando o transporte da estufa. Na estrutura de ferro, foi fixada com rebites uma lona grossa transparente, com aberturas nas laterais. Dada esta etapa, o leito de secagem foi colocado dentro da estrutura da estufa, finalizando a construção da estufa agrícola, como indica a figura 5 (a e b).

Figura 5- Estufa agrícola finalizada



(fig. a)



(fig.b)

7.1.Umidade e série de sólidos

A umidade e série de sólidos foi realizada a partir da coleta de alíquotas em quadruplicata, retiradas da quarta leira do leito de secagem, não influenciando nas outras três leiras utilizadas como triplicatas. Os valores de umidade, sólidos totais, fixos e voláteis, e fração orgânica, todos em porcentagem, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2- Porcentagem de umidade e série de sólidos

Dia de análise	média % umidade	Desvio padrao umidade	média de ST	Desvio padrão ST	Média de SF	Desvio padrão SF	Média de SV	Desvio padrão SV	Fração orgânica SV/ST
1	82,63	0,00	17,37	0,00	10,08	0,00	7,29	0,00	0,42
4	77,83	0,38	22,17	0,38	13,14	0,35	9,03	0,46	0,41
5	77,60	0,67	22,40	0,67	12,96	0,57	9,44	0,69	0,42
7	70,83	1,28	29,17	1,28	17,60	1,25	11,57	0,16	0,40
8	69,65	0,51	30,35	0,51	16,29	0,52	14,06	0,67	0,46
11	65,59	0,39	34,41	0,39	19,97	0,98	14,45	0,80	0,42
12	61,01	1,81	38,99	1,81	23,26	1,66	15,73	0,22	0,40
13	49,54	5,34	50,46	5,34	32,49	3,58	17,97	2,34	0,36
14	36,57	9,43	63,43	9,43	40,66	5,85	22,76	3,86	0,36
20	20,27	4,70	79,73	4,70	48,19	2,63	31,53	4,13	0,40

Onde:

ST= sólidos totais

SF = sólidos fixos

SV = sólidos voláteis

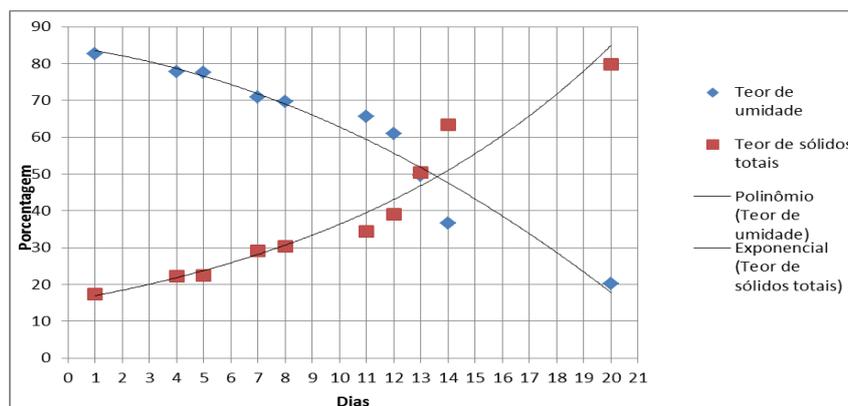
Como os dias de análise não foram sequenciais, estes estão indicados na tabela de acordo com o dia da análise a que correspondem, havendo então um intervalo de 02 dias entre a primeira e a segunda análise; um intervalo de 01 dia entre a terceira e a quarta análise; intervalo de 02 dias entre a quinta e a sexta análise; e intervalo de 05 dias entre a nona e a décima análise. Estes intervalos maiores ocorreram em feriados e emendas, e os intervalos menores associam-se aos finais de semana, não sendo possível a realização de análises.

Analisando-se a porcentagem de umidade obtida, esta passou de 82,63% no primeiro dia do experimento, para 20,27%, obtendo uma redução de umidade de 75% do início ao término do experimento, em um ciclo de 20 dias de secagem. Embora muito próximo ao sugerido pela Resolução Conama nº375, que é de 10% de umidade para que haja uma redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores, este valor não foi obtido.

Em relação à série de sólidos, analisando-se em específico os sólidos totais, de acordo com a literatura, estes possuem relação direta com o teor de umidade, de modo que a diminuição da umidade acarrete no aumento do teor de sólidos totais. Além disso, de acordo com a Resolução Conama nº 375, a concentração de sólidos deve alcançar no mínimo 90%, sem que haja mistura de qualquer aditivo, para redução da atratividade de agentes patogênicos e vetores. Desta forma, no início do experimento o teor de sólidos era de 17,37%, e finalizando-se com 79,73%.

Relacionando-se os resultados obtidos para umidade e teor de sólidos totais, todos indicados em porcentagem, é possível perceber que estes se comportaram de fato como abordado pela literatura, mantendo-se a relação da diminuição da umidade com o aumento da concentração de sólidos, como indicado na figura 6.

Figura 6 - Relação entre teor de umidade e teor de sólidos totais



De acordo com a figura 6, é possível perceber a inversão das curvas de umidade, representada pelos pontos azuis no gráfico, com a curva de teor de sólidos, representado pela cor vermelha, as quais se cruzam especificamente no dia 13 do experimento, e, de acordo com as linhas de tendência projetadas, seriam necessários mais um ou dois dias para se atingir os resultados sugeridos pela Resolução do Conama, com teor de sólidos de 90%, e umidade próxima de 10%, para que haja uma redução de agentes patogênicos e atratividade de vetores. Além disso, observando-se a relação de teor de umidade e de sólidos no início do experimento, com o teor de umidade e sólidos ao final do experimento, é possível afirmar que a consistência do lodo apresentou alterações durante o ciclo de análises, passando de fluido para granular.

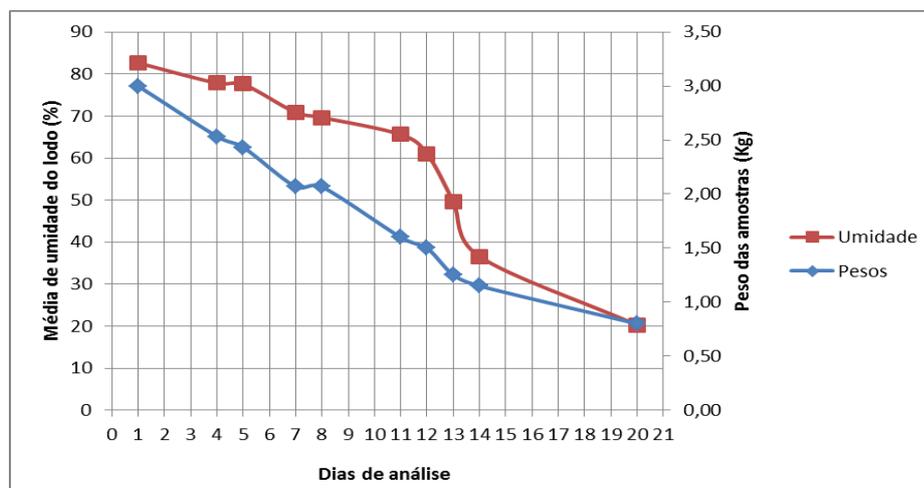
Em relação à fração orgânica do lodo, esta está diretamente relacionada ao nível de digestão do mesmo. Desta forma, analisando-se à fração orgânica do lodo estudado, os valores obtidos variaram entre 0,36 a 0,46, indicando, de acordo com a literatura, que o lodo está estável e possui digestão aceitável.

7.2.Redução de peso das amostras

No início do experimento cada leira do leito de secagem possuía 3,0 kg de lodo. Durante o ciclo de 20 dias de secagem do mesmo em estufa agrícola, este perdeu quantidade significativa de umidade acarretando na redução do peso das amostras, que obtiveram peso de 0,800 kg no ultimo dia de análise do experimento, obtendo eficiência de redução de volume de 73,33%.

Por possuírem relação, a figura 7 mostra os resultados de porcentagem de perda de umidade do lodo com a redução de peso das amostras, todos em função dos dias de análise.

Figura 7 - Relação entre diminuição da porcentagem de umidade e perda de peso do lodo, em quilos.



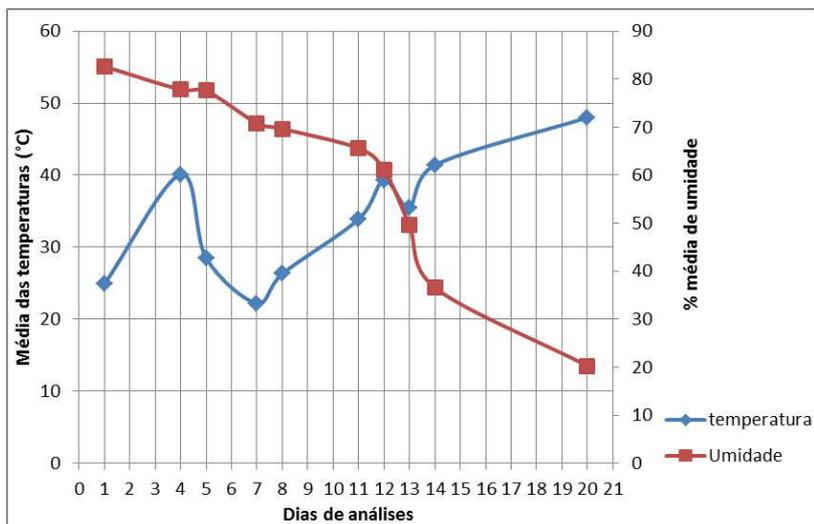
Desta forma, comparando-se os resultados de perda de umidade, indicados pela cor vermelha na figura 7, com perda de peso das amostras, indicado em azul, é perceptível que ambos possuem relação entre si e comportaram-se da mesma maneira, em uma linha decrescente, tendendo a sempre reduzir seus valores. Além disso, as porcentagens de eficiência de ambos foram muito próximas, apresentando uma redução de 73,33% de peso e 75% de redução de umidade ao longo do ciclo de análises.

7.3. Temperatura do Lodo

Os valores obtidos de temperatura do lodo, em °C, variaram bastante ao longo dos dias de análises, obtendo como temperatura mínima 22,2°C, e a máxima de 48°C obtida no último dia do experimento. As médias de temperaturas obtidas pelos lodos indicam um dos fatores de suma importância para a redução de umidade obtida nos mesmos. Desta forma, a figura 8 relaciona os valores de porcentagem de umidade com a variação das temperaturas, em função dos dias de análises.

Embora os resultados de média de temperaturas obtidos não tenham se comportado de forma linear, devido às alterações climáticas naturais ocorridas durante o experimento, os valores de temperatura, representados pela linha azul no gráfico, tenderam a subir ao final do experimento. A relação entre os parâmetros apresentados torna-se mais evidente a partir do 13º dia de análise, no qual, com a estabilização do tempo, as temperaturas tendem a subir continuamente, enquanto que os valores de umidade, representados pela linha vermelha, passam a diminuir na mesma proporção, apresentando curvas inversas semelhantes.

Figura 8 - Relação entre percentagem média de umidade do lodo e médias de variação de temperatura dos mesmos, em função dos dias de análises.

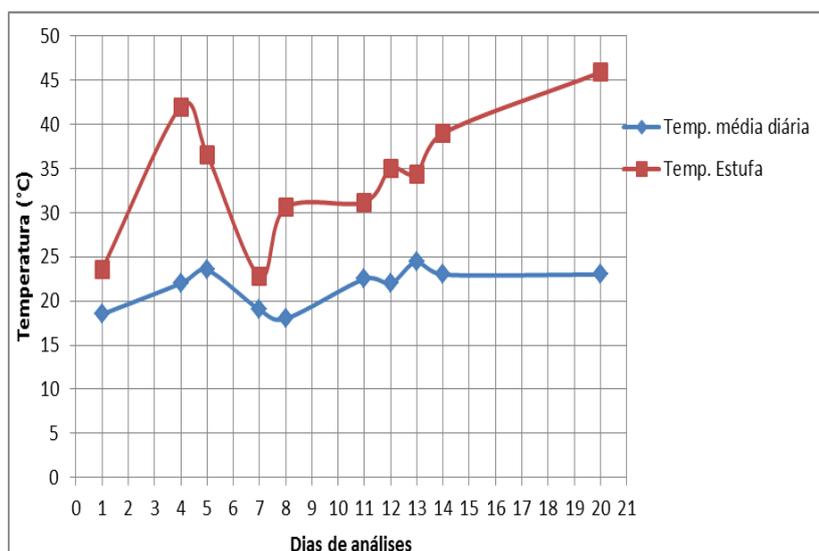


7.4. Temperatura da Estufa

A temperatura mínima obtida no interior da estufa construída foi de 22,8°C, enquanto que a temperatura máxima foi de 45,9°C, obtida no último dia do experimento. Comparando-se os valores de temperatura interna da estufa com a temperatura do lodo, ambos apresentaram as mesmas reações de temperatura frente ao clima e às intempéries naturais ao qual a estufa agrícola estava sujeita, passando por períodos de chuvas fortes, seguido por dias ensolarados, que influenciavam nas temperaturas obtidas nas análises.

A fim de se verificar a eficiência de retenção de calor da estufa em relação à temperatura média ambiente fora da estufa, foi obtida a série história de médias de temperaturas diárias para o município de São Paulo, obtidas pelo site de meteorologia AccuWeather®, especificamente para os dias de análises realizados, com os resultados comparativos entre as temperaturas, em °C, apresentados na figura 9. Analisando-se o comparativo das temperaturas médias diárias fora da estufa e das temperaturas internas da estufa, percebe-se que esta obteve uma percentagem média de eficiência de retenção de calor de 34,76%.

Figura 9 - Comparativo das temperaturas médias diárias e temperatura interna da estufa, em °C, em função dos dias de análises.



7.5.pH do Lodo

Os valores de pH das amostras de lodo tenderam a diminuir, com valores iniciais próximos a 7, e finalizando o experimento com valor próximo a 4,5, indicando um processo de acidificação das amostras. Vale ressaltar que a unidade de leitura deste pH, definido pelo método utilizado, é pH em solução de CaCl_2 0,01 mol.L⁻¹.

Especificamente no estudo realizado, não foi realizada a correção e adição de cal ao lodo, justificando-se, desta forma, a diminuição dos valores de pH obtidos ao longo do ciclo de análises. Além disso, pode-se associar também a esta diminuição de pH a atividade de bactérias que degradam matéria orgânica no lodo e torna o meio mais ácido, visto que, além da não aplicação de cal no lodo estudado, este também não atingiu os valores de temperatura citados pela norma para garantir uma redução significativa de patógenos das amostras.

8. Conclusões

O experimento de secagem de lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto, em estufa agrícola, construída no Laboratório de Design Industrial do Centro Universitário Senac mostrou resultados satisfatórios em relação à funcionalidade da estufa construída, atendendo aos objetivos de retenção de calor, de modo que, em um ciclo de análises de 20 dias o lodo apresentou redução em seus teores de umidade e volume, e aumento nos teores de sólidos totais.

Apesar de interessantes os resultados, algumas considerações devem ser feitas, como, por exemplo, a respeito da quantidade de lodo utilizada. Devido dificuldades para a obtenção de lodo, foi disponibilizado para o estudo apenas 12 kg do mesmo, o que dificultou a continuidade do estudo, limitando o ciclo de secagem em 20 dias. Como esta quantidade precisou ser dividida em leiras de triplicatas e uma quarta leira de coleta de alíquotas, cada leira iniciou-se com 3,0 kg de lodo, que, com o tempo, por perder umidade, reduziram seu volume, até inviabilizar a coleta de novas alíquotas. Desta forma, para futuros estudos, sugere-se a utilização de uma quantidade maior de

lodo, de forma que a redução natural de seu volume não limite os dias possíveis de análise.

Associado à quantidade de lodo utilizada, sugere-se também a repetição de pelo menos três ciclos do experimento, auxiliando na comparação e veracidade dos resultados obtidos. Além de mais ciclos, faz-se interessante que cada ciclo possua mais dias de análises, visto que os 20 dias estudados não foram suficientes para atingir teor de umidade e sólidos desejados pela Resolução Conama nº 375 de 2006.

Buscando adequar os resultados obtidos aos valores indicados pela Resolução Conama, faz-se necessária a aplicação de cal ao lodo para correção de seu pH final. Além disso, para posteriores estudos, é interessante a verificação de sistemas de isolamento de calor mais eficientes para melhor vedação da estufa, almejando atingir temperaturas maiores, buscando-se a aproximação aos valores de temperatura da Resolução.

Apesar de este estudo tomar como base os valores orientadores sugeridos pela Resolução Conama, o lodo estudado não foi caracterizado nem mesmo classificado, visto que a realização de análises de potencial agrônômico, o detalhamento das substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas, indicadores bacteriológicos e agentes patogênicos não eram possíveis de serem realizadas no laboratório da instituição. Desta forma, sugere-se, em estudos posteriores, a realização destas análises no início, no meio e no fim do experimento, pelo menos, a fim de nortear quanto a real evolução do potencial agrônômico atingido ou não pelo lodo nos leitos de secagem da estufa agrícola produzida.

Referências

ACCUWEATHER©. Meteorologia. Série histórica de temperaturas máximas e mínimas diárias. Brasil. São Paulo, SP. Disponível em <<http://www.accuweather.com/pt/br/sao-paulo/45881/october-weather/45881?monyr=10/1/2016>>

ANDREOLI C. V.; de LARA A. I.; FERREIRA A. C.; BONNET B. R. P.; PEGORINI E. S. **Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico II**. Engenharia e Construção, Curitiba, setembro de 1998, n. 24 Disponível em: <http://www.sanepar.com.br/sanepar/gecip/congressos_seminarios/lodo_de_esgoto/gestao_biossolidos_etes.pdf>.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; 6. Lodo de Esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. 1989. **Nbr 10664- Água-Determinação de resíduos (sólidos) – Método Gravimétrico**. Rio de Janeiro.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>

CORRÊA, Rodrigo S.; FONSECA, Yone M. F.; CORREA, Anelisa S.. **Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental. Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 420-426, agosto de 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000400012&lng=en&nrm=iso>.

LIMA, Marcia Regina Pereira. 2010. **Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo.

MELO, Amilton Sales de. **Contribuição Para o Dimensionamento de Leitões De Secagem de Lodo**. Pós-Graduação Em Engenharia Civil e Ambiental Universidade Federal De Campina Grande. Centro De Tecnologia e Recursos Naturais. Setembro de 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. MAPA. 2014. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Secretaria da Defesa Agropecuária. Brasília.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais. Brasília, fevereiro de 2012. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf

NUVOLARI et al. **Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Editora Blucher. 2011.

OUTWATER, A.B. **Reuse of sludge and minor wastewater residuals**. S.l. : Lewis Publishers, 1994. 179p.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **A guide to the biosolids risk assessments for the EPA Part 503 rule**. 1995. Washington: Office of Wastewater Management, EPA/ 832-B-93-005, 1995. 195p.