



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

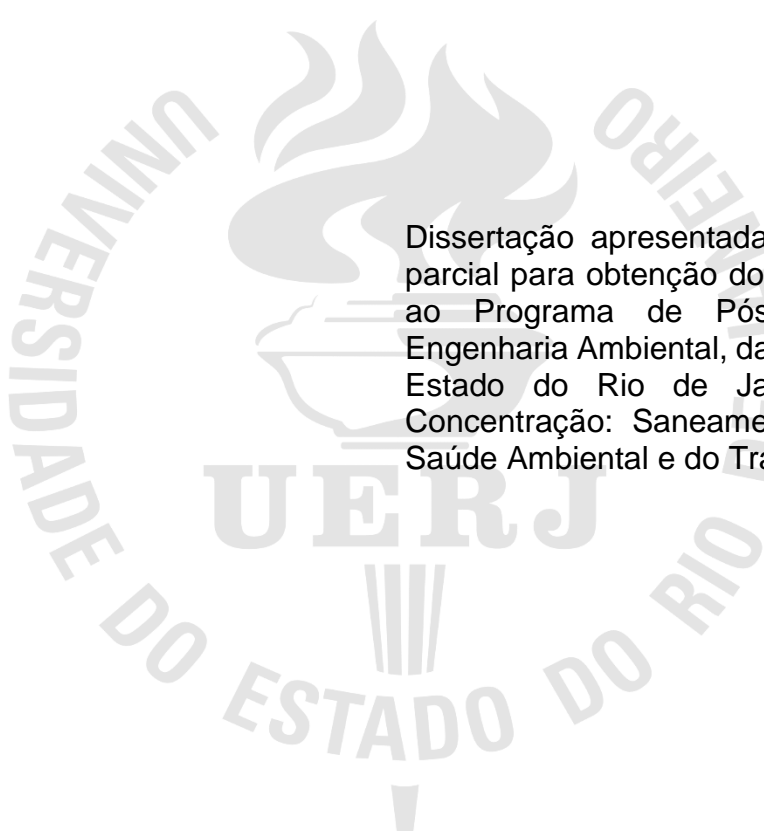
José Ney Pinheiro

**Sistema de aproveitamento de perlita expandida dos processos
criogênicos - Estudo de caso - Rio de Janeiro/RJ**

Rio de Janeiro
2020

José Ney Pinheiro

**Sistema de aproveitamento de perlita expandida dos processos criogênicos -
Estudo de caso - Rio de Janeiro/RJ**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Saúde Ambiental e do Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Julio Domingos Nunes Fortes

Rio de Janeiro

2020

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

P654 Pinheiro, José Ney.
Sistema de aproveitamento de perlita expandida dos processos criogênicos – Estudo de caso – Rio de Janeiro/RJ / José Ney Pinheiro. – 2020.
111f.

Orientador: Julio Domingos Nunes Fortes.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.) - Teses. 3. Sustentabilidade - Teses. 4. Gestão integrada de resíduos sólidos - Teses. 5. Plantas como agentes sanitários - Teses. I. Fortes, Julio Domingos Nunes. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. III. Título.

CDU 628.5:581.137

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

José Ney Pinheiro

**Sistema de aproveitamento de perlita expandida dos processos criogênicos -
Estudo de Caso - Rio de Janeiro/RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Saúde Ambiental e do Trabalho.

Aprovado em 30 de novembro de 2020.

Banca Examinadora:

Prof. Julio Domingos Nunes Fortes (Orientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Victor Paulo Peçanha Esteves
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Rio de Janeiro
2020

DEDICATÓRIA

À minha querida esposa, Rita Inácio.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Julio Domingos Nunes Fortes, pelo suporte, atenção, dedicação e paciência durante a execução deste trabalho.

A todos os professores do PEAMB da UERJ pelos ensinamentos e por terem compartilhado comigo sua experiência e sabedoria.

Agradecimentos especiais as professoras Dra. Ana Sílvia e Dra. Márcia Marques, pela paixão com que lecionam e pelos conselhos nas disciplinas de Metodologia Científica, que tanto contribuíram com este trabalho.

Aos membros da banca examinadora pela disposição de ler este trabalho e indicar pontos de melhoria para meu crescimento profissional e acadêmico.

A minha querida esposa Rita pelo apoio e amor nas construções profissionais de minha vida.

Ao meu filho Victor por entender a importância de desenvolvimento deste trabalho em momentos que poderíamos estar juntos.

Ao meu ex-chefe Giovanni Santini Campos pelo incentivo na realização do trabalho.

Aos colegas de trabalho, especialmente àqueles do meu setor, pelo incentivo, e àqueles que de alguma maneira me auxiliaram no entendimento das questões e contribuíram diretamente ou indiretamente para a execução deste trabalho.

Aos colegas de mestrado, pelo companheirismo.

A UERJ, por todo o suporte oferecido.

Só é útil, o conhecimento que nos torna melhores.

Sócrates

RESUMO

PINHEIRO, José Ney. *Sistema de aproveitamento de perlita expandida dos processos criogênicos* - Estudo de Caso - Rio de Janeiro/RJ. 2020. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

O crescimento da população mundial e uma sociedade consumista, levou à uma exploração predatória dos recursos naturais do planeta, o que poderá causar risco ao equilíbrio nas reservas ambientais e como consequência extrema à sobrevivência da espécie humana. A pressão de uma sociedade civil mais atuante em questões ambientais, organizações participativas e lideranças mundiais ativas tem influenciado positivamente o meio empresarial para uma agenda em que o conceito de sustentabilidade esteja permanentemente presente nos negócios do século XXI. Este conceito determina que as atividades empresariais devem se preocupar necessariamente com as pessoas, o planeta e não somente com o lucro. A legislação internacional e posteriormente a brasileira com o sancionamento em 08/07/2010 da Lei nº 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), reconheceram a necessidade do apoio das empresas privadas no gerenciamento dos seus resíduos sólidos, o que especificadamente trata em seu artigo 9º da real necessidade de ações concretas de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final adequada. O objetivo desta pesquisa foi propor uma avaliação do aproveitamento da perlita expandida usada nos processos criogênicos resultante de manutenção das plantas industriais e que não tinham mais utilidade para outras empresas. A abordagem metodológica utilizada foi qualitativa de caráter exploratório e descritivo, aplicada em um estudo de caso. Buscou-se no mercado alternativas para a utilização da perlita expandida e potenciais parceiros interessados neste resíduo. Além disto se conseguiu, de maneira consistente, o emprego da perlita na área de lavagem industrial das empresas de tecido do tipo jeans. Concluiu-se pela viabilidade de aproveitamento da perlita expandida, com resultados consistentes de reutilização de quase 100 toneladas.

Palavras-chave: Perlita expandida; Processos criogênicos; Sustentabilidade Empresarial; Lei nº 12.305; PNRS; Plantas industriais.

ABSTRACT

PINHEIRO, José Ney. *Expanded perlite utilization system of cryogenic processes - Case Study - Rio de Janeiro/RJ*. 2020. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

The world population growth and a consumerist society, led to a predatory exploration of natural resources of the planet, which can cause risk to the balance of environmental reserves and an extreme consequence to the survival of human species. The pressure of a more active civil society in environmental issues, engaged organizations and active world leaders have positively influenced the business environment to an agenda with the sustainability concept permanently present in 21st century business. This concept determines that business activities should be concerned necessarily with people, the planet and not only with profit. The international legislation and subsequently the Brazilian one with Law n° 12.305 sanctioning on July 8th, 2010 instituted the National Solid Waste Policy (PNRS), recognized the need of support of private companies in the management of their solid waste, which specifically treats in its ninth article the real need of concrete actions of non-generation, reduction, reuse, recycling, solid waste treatment and adequate final disposal. The objective of this research is to propose an evaluation of expanded perlite use in its cryogenic processes in situations of maintenance of industrial plants which has no utility to correct environmental destination by other companies for the benefit of society. The methodological approach used was qualitative with exploratory and descriptive character, applied in a case study. It was sought in the market alternatives to use of expanded perlite, potential partners and it was achieved in a consistent way, the use in industrial washes of jeans-type fabrics. The author got viability of perlite with consistent results in reuse of approximately 100 tons.

Keywords: Expanded Perlite; Cryogenic processes; sustainability concept; Law n° 12.305; PNRS; industrial plants; correct environmental destination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de desenvolvimento sustentável.....	17
Figura 2 - Planta de gases do ar fornecedora de grandes indústrias.....	18
Figura 3 - Resíduos em relatório de sustentabilidade.....	21
Figura 4 - Estrutura da Dissertação.....	25
Figura 5 - Transformação da perlita nas suas diversas formas.....	26
Figura 6 - Formas de apresentação da perlita.....	27
Figura 7 - Maiores produtores de perlita em 2018.....	28
Figura 8 - Distribuição geográfica dos produtores de perlita.....	28
Figura 9 - Maiores reservas disponíveis de perlita.....	29
Figura 10 - Volumes importados de perlita nos últimos sete anos.....	29
Figura 11 - Espaço anular de tanque criogênico.....	30
Figura 12 - Coluna de separação de gases do ar.....	31
Figura 13 - Processo de expansão de perlita.....	33
Figura 14 - Modelos de “ <i>big bags</i> ”.....	34
Figura 15 - Equipamentos utilizados na movimentação da perlita.....	35
Figura 16 - Atividades de descarte e enchimento de perlita.....	36
Figura 17 - Aplicação de perlita em um gramado.....	40
Figura 18 - Aplicações da perlita na construção civil.....	41
Figura 19 - Recipiente com revestimento em perlita.....	42
Figura 20 - Painéis com isolamento acústico em perlita.....	43
Figura 21 - Adsorção por perlita de resíduo líquido.....	44
Figura 22 - Medida de clareza de bebida.....	45
Figura 23 - Concretagem de poço com cimento perlítico.....	46
Figura 24 - Peça de jeans estonada.....	46
Figura 25 - Aplicações com perlita no mundo e no Brasil.....	47
Figura 26 - Análise de características e critérios do aproveitamento da perlita.....	48
Figura 27 - Processos de estonagem do jeans.....	50
Figura 28 - Mercado brasileiro do jeans.....	50
Figura 29 - Faturamento da Indústria do Jeans.....	51

Figura 30 - Termos utilizados na pesquisa exploratória.....	54
Figura 31 - Quantidade de Artigos Acadêmicos.....	55
Figura 32 - Metodologia a ser realizada para cada objetivo específico.....	56
Figura 33 - Variáveis no descarte da perlita.....	64
Figura 34 - Documentações legais para trabalho com a perlita.....	65
Figura 35 - Variáveis envolvidas no descarte sem destinação para aterro.....	66
Figura 36 - Modelagem do negócio de descarte da perlita.....	67
Figura 37 - Modelos de produtos com efeitos de uma marca de roupas.....	68
Figura 38 - Visita de campo em lavanderia industrial no Rio de Janeiro (RJ).	69
Figura 39 - Visita de campo em lavanderia industrial em Criciúma (SC).....	69
Figura 40 - Bancada de dosagem em lavanderia visitada.....	70
Figura 41 - Adição de perlita na estonagem.....	71
Figura 42 - Fornecimento perlita para as lavanderias.....	71
Figura 43 - Processo de marmorização com perlita.....	72
Figura 44 - Critério para busca de parceiros interessados.....	72
Figura 45 - Programação do descarte da perlita no Rio de Janeiro (RJ).....	78
Figura 46 - Carregamento em “big bags” até 1 m ³ na carreta sider.....	78
Figura 47 - Carregamento de perlita em “big bags” de 2 m ³ na carreta.....	79
Figura 48 - Volume por empresa coletada no Rio de Janeiro (RJ).....	80
Figura 49 - Programação de descarte em Serra (ES).....	81
Figura 50 - Amostra molhada de perlita.....	81
Figura 51 - Destinação de perlita por empresa receptora em Serra (ES).....	82
Figura 52 - Carregamento em Serra (ES).....	83
Figura 53 - Programação de descarte em Ouro Branco (MG).....	83
Figura 54 - Comparação de estonagem com argila e perlita.....	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
APR	Análise Preliminar de Risco
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
EIGA	European Industrial Gases Association
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
INMETRO	Instituto de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ME	Ministério da Economia
NBR	Norma Brasileira
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PI	Perlite Institute
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PT	Permissão de Trabalho
PV	<i>Perlite y Vermiculita</i>
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente,
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
USGS	<i>US Geological Survey – Centro Nacional de Informações Minerais dos Estados Unidos</i>
WM	White Martins Gases Industriais Ltda
WWI	<i>Worldwatch Institute</i>
ZW	<i>Zero Waste</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
Hipótese.....	22
Objetivo geral.....	22
Objetivos específicos.....	22
Relevância da pesquisa.....	23
Metodologia.....	23
Estrutura da dissertação.....	24
1 PERLITA COMO MATÉRIA PRIMA DAS INDÚSTRIAS DE GASES DO AR.....	26
1.1 Composição, característica e formas de apresentação da perlita.....	26
1.2 Produtores de perlita e o mercado da matéria prima.....	27
1.3 Aplicação de perlita em tanques criogênicos.....	30
1.4 A perlita expandida utilizada nos tanques criogênicos.....	32
1.5 O descarte de perlita expandida dos tanques criogênicos.....	34
2 AVALIAÇÃO DE APLICAÇÕES DE PERLITA.....	37
2.1 Necessidade de enquadramento legal do descarte da perlita.....	37
2.2 Aplicações da perlita no mundo e no Brasil.....	39
2.2.1 <u>Aplicações da perlita na horticultura</u>	39
2.2.2 <u>Aplicações da perlita na construção civil</u>	40
2.2.3 <u>Aplicações da perlita em isolamentos contra fogo</u>	42
2.2.4 <u>Aplicações da perlita em isolamento acústico</u>	42
2.2.5 <u>Aplicações da perlita como adsorção de líquidos</u>	43
2.2.6 <u>Aplicações da perlita como estrutura em filtros</u>	44
2.2.7 <u>Aplicações da perlita em concretagem de poços</u>	45
2.2.8 <u>Aplicações da perlita em abrasivos</u>	46
2.3 Definição do critério pela empresa geradora para utilização da perlita..	47
2.4 Avaliação da capacidade do aproveitamento da perlita.....	49
2.5 Caracterização da inexistência de contaminantes na perlita.....	52
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	54
3.1 Introdução aos procedimentos metodológicos.....	54
4 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA PERLITA.....	58

4.1	Atividades envolvidas no descarte da perlita.....	59
4.2	Critérios para recebimento da perlita criogênica.....	64
4.3	Identificação de parceiros para trabalho com perlita.....	67
4.4	Planejamento de ações para retirada de perlita.....	73
4.4.1	<u>Unidade em Serra (ES).....</u>	74
4.4.2	<u>Unidade no Rio de Janeiro (RJ).....</u>	75
4.4.3	<u>Unidade em Ouro Branco (MG).....</u>	76
5	RESULTADOS OBTIDOS.....	77
5.1	Ações realizadas na retirada de perlita.....	77
5.1.1	<u>Retirada de perlita no Rio de Janeiro (RJ).....</u>	77
5.1.2	<u>Retirada de perlita no Serra (ES).....</u>	81
5.1.3	<u>Retirada de perlita em Ouro Branco (MG).....</u>	83
5.2	Medidas observadas com a utilização da perlita em lavanderias.....	84
5.3	Diagnóstico de ações necessárias para a manutenção do aproveitamento.....	87
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	90
7	CONCLUSÕES.....	93
	REFERÊNCIAS.....	96
	ANEXO A – RELATÓRIO DE ANÁLISE REL-009/17.....	102
	ANEXO B – COMUNICAÇÃO DA EMPRESA RECEPTORA REFERENTE UTILIZAÇÃO DA PERLITA.....	111

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais que afligem ao planeta, leva especialistas ou personalidades como o ex-vice presidente dos Estados Unidos: Sr. Al Gore, a prever um aumento no aquecimento global e potencialmente o desaparecimento de muitas das espécies, segundo BARNOSKI et al (2011, p.51): “a sexta extinção em massa de mamíferos poderá chegar dentro de pouco tempo..”. Além disto, as consequências previstas deste cenário inóspito, iriam desde situações críticas para o acesso à água pela população, uma redução significativa da produção de alimentos e possivelmente modificações gigantescas na matriz energética que viabilizam a sobrevivência no planeta.

Segundo um relatório realizado pelo Worldwatch Institute (WWI), a perspectiva de que no ano de 2050 existirá um número de 9,0 bilhões de indivíduos (ASSADOURIAN, 2013, p.65) levará a um aumento no consumo dos recursos naturais do planeta e uma mudança cultural obrigatória que valorize a sustentabilidade em vez do consumismo. Um problema ainda maior, provocado por este consumismo desenfreado, seria o aumento nos resíduos gerados sem quaisquer avanços significativos em gestão ambiental. Um aspecto reforçado por Amorim (2010, p.162), destaca:

[...] o desenvolvimento de tecnologias e economias relacionadas à produção de materiais artificiais não se deu acompanhado de uma preocupação com a reintegração desses materiais ao meio ambiente. Atualmente, quanto ao aspecto social, a nossa produção de resíduos está diretamente ligada ao nosso modo de vida, à nossa cultura, ao nosso trabalho, ao nosso modo de alimentação, higiene e consumo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) publicada em 2010, determinou um prazo limite para erradicação de locais aonde o lixo é abandonado a céu aberto em lixões até agosto de 2014. Estes lixões levam a contaminação nos lençóis freáticos ou corpos de água e de solo, emissão de gases poluentes e enorme quantidade de vetores. Como é de conhecimento público, o prazo legal não está sendo cumprido por 54 % dos municípios brasileiros, segundo o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2019). No item três da NBR 10.004 desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), está definido que resíduos sólidos e semi-sólidos:

[...] que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamento e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água que exijam para isso soluções técnicas economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A geração de resíduos sólidos é diretamente proporcional ao consumo de uma população urbana, na razão de quanto maior for o seu poder aquisitivo para consumir produtos, maiores serão as quantidades geradas de embalagens. Assim como, parte dos componentes do produto ou o seu próprio descarte em uma futura obsolescência.

Situação que Gonçalves (2003, p.19) afirma:

A produção de lixo é inevitável e inexorável. Todos os processos geram resíduos, desde o mais elementar processo de metabolismo de uma célula até o mais complexo processo de produção industrial. Por outro lado, a lata de lixo não é um desintegrador de matéria. A humanidade vive em ciclos de desenvolvimento e neste momento estamos vivendo um ápice do desperdício e irresponsabilidade na extração dos recursos naturais esgotáveis.

Ainda em ABRELPE (ABRELPE, 2019) está mostrado que, 3.001 municípios de um total de 5.570 municípios existentes no Brasil, ainda empregam unidades irregulares para a destinação de seus resíduos. Na pesquisa de informações básicas municipais realizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (PEREIRA, 2019), também está registrado um percentual de apenas 55 % dos municípios brasileiros cumprindo a meta legal estabelecida de possuir um plano de gestão integrada de seus resíduos sólidos.

Esta publicação da ABRELPE, também apresenta dados sobre o problema brasileiro do crescimento na geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU), com tendência estimada de alcançar um valor anual de 100 milhões de toneladas por volta de 2030, baseado em sua série histórica. Os valores na destinação de 29,5 milhões de toneladas de RSU para lixões ou aterros controlados no ano de 2018, locais impróprios sem sistemas e medidas de proteção para pessoas e meio ambiente, são indicativos do seu potencial agravamento em 2030. Além disto, um outro indicador importante mostrado foi a geração equivalente à 380 kg de RSU por cada brasileiro em 2018, evidenciando um volume similar ou superior ao gerado por habitantes de países desenvolvidos com renda mais alta.

A gestão de resíduos sólidos no meio industrial passou a ser uma das estratégias na busca da sustentabilidade empresarial, porque isto passa por uma análise completa das suas atividades, objetivos e metas dos negócios. A antecipação

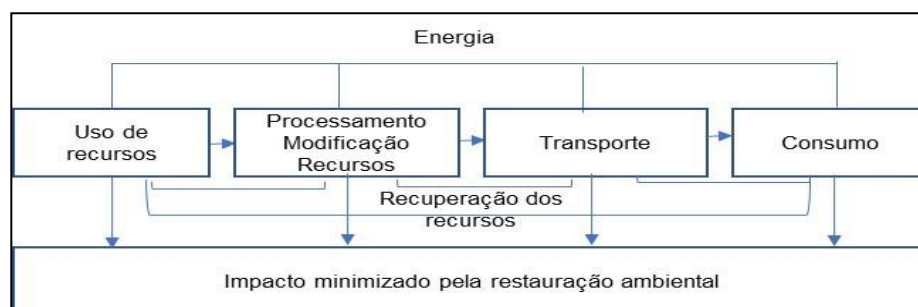
de potenciais problemas, leva à uma melhoria contínua em processos e produtos com reflexos na diferenciação mercadológica, transparência nos negócios, responsabilidade ambiental e valorização financeira. Desta maneira, o reaproveitamento e a reciclagem de resíduos estão sendo perseguidos pelas empresas, diante das obrigações estabelecidas na PNRS.

O enorme desafio das empresas está na formação de parcerias para o aproveitamento mútuo (ou não) de subprodutos industriais, para otimizar recursos naturais e minimizar resíduos finais para uma vantagem competitiva (RUTHES et al., 2006). Esta forma compartilhada na utilização dos recursos, promove o desenvolvimento econômico e uma nova cultura empresarial que atualmente se designa de simbiose industrial.

O século XX mostrou uma realidade equivocada de um modelo de desenvolvimento representado por um sistema aberto com suprimento contínuo e inesgotável de matéria e energia que depois de utilizadas pela sociedade eram devolvidas ao meio ambiente (BRAGA et al, 2005). O meio ambiente está mostrando os seus limites na sua capacidade de absorver e reciclar matérias e resíduos, com a humanidade passando por inúmeros problemas de poluição.

O momento atual envolve uma mudança conceitual para um sistema fechado e sustentável, como o proposto por Braga, em que todos os impactos oriundos do processo de produção retornam ou são recuperados mediante ações restauradoras que minimizem o impacto ambiental, como é possível ser verificado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo de desenvolvimento sustentável.



Fonte: Adaptado de BRAGA et. al. (2005, p. 48).

As unidades industriais ou plantas de gases do ar são fornecedoras dos negócios petroquímico, siderúrgico e medicinal, com um rigoroso controle na gestão dos seus resíduos gerados. A preocupação ambiental destas unidades torna-se concreta com o estabelecimento de metas para a redução do seus resíduos

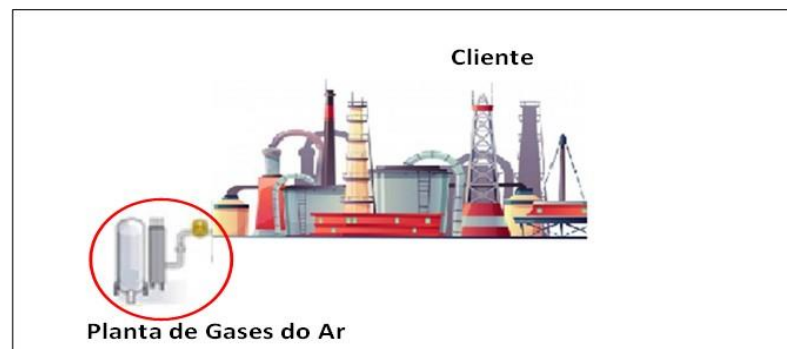
destinados aos aterros sanitários por entenderem a necessidade do envio destes materiais para destinos sustentáveis. Este é o caso da White Martins Gases Industriais Ltda (WM) do setor, vencedora do prêmio da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) de Ação Ambiental, na categoria de gestão de RSU, com seu Programa *Zero Waste* (ZW) ou Zero Resíduo (em português) no ano de 2014.

Atualmente existem múltiplas soluções tecnológicas disponíveis para as empresas brasileiras realizarem o tratamento dos seus resíduos, e ferramentas metodológicas para sua gestão no propósito de reduzir substancialmente a sua quantidade gerada.

O autor trabalhou na empresa WM e tem conhecimento, que o programa ZW diminui impactos ao meio ambiente e adicionalmente gera benefícios sociais nas parcerias junto às cooperativas de catadores e comunidades no seu entorno. Isto porque, a empresa entende a importância do desenvolvimento econômico local das comunidades próximas aonde estão estabelecidas as suas unidades industriais.

Assim, uma indústria ou planta de gases do ar é fornecedora de matéria prima às grandes industriais (siderúrgicas, petroquímicas, etc.) que precisam do produto no funcionamento dos seus processos de cortes de matérias, inertização de gases inflamáveis ou na retirada de tóxicos em tubulações, queima de matérias, entre outros. A representação simbólica da situação se encontra na Figura 2.

Figura 2 - Planta de gases do ar fornecedora de grandes indústrias.



Fonte: Elaboração do autor (2020).

O ZW tem a sua criação nos anos 2000, com o estabelecimento de uma nova maneira de gerenciar e tratar os resíduos, mediante a determinação de uma meta para desvio de 90 % dos resíduos sólidos de aterros sanitários e incineradores pelas empresas participantes. Uma questão reflexiva quanto ao conceito ZW, está diretamente relacionado aos seus objetivos, se de fato são alcançáveis e segundo Murray (2002, p.3):

O termo Zero Waste tem suas origens no conceito industrial japonês de grande sucesso de gerenciamento de qualidade total (É influenciado por ideias como "defeito zero", a abordagem extraordinariamente bem-sucedida pela qual produtores como a Toshiba alcançaram resultados tão baixos quanto um defeito por milhão). Transferido para a arena de lixo municipal, Zero Waste chama a atenção para todo o ciclo de vida dos produtos. Zero Waste engloba a responsabilidade do produtor, ecodesign, redução de resíduos, reutilização e reciclagem, tudo dentro de uma única estrutura. Ele rompe com a inflexibilidade dos sistemas centrados em incineradores e oferece uma nova estrutura política capaz de transformar os atuais processos lineares de produção e descarte em sistemas 'inteligentes' que utilizam os recursos dos resíduos municipais e geram empregos e riqueza para as economias locais.

Assim, um gerenciamento de resíduos sólidos consistente pode reduzir os riscos à saúde das pessoas, na medida que destinados corretamente não ocasionam a degradação ao meio ambiente. A PNRS de 2010, define o gerenciamento de resíduos sólidos como:

O conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL, 2010).

A pressão legal por redução no impacto ambiental das atividades industriais também contribui diretamente para a redução na geração dos resíduos, e modificação nos seus processos produtivos em busca da sustentabilidade. Isto exige todo um planejamento no ciclo de vida dos produtos fabricados para um posterior aproveitamento dos seus resíduos sólidos em novos processos produtivos, a chamada economia circular. Este novo modelo de economia possibilitará crescimento, segundo EIJK et al (2017, p.17): “A Economia Circular faz sentido. embasada na idéia dos metabolismos na natureza, essa economia estimulará desenvolvimento e crescimento, em vez de destruição e desvalorização”.

A PNRS de 2010, no seu artigo 20 entendeu a importância dos resíduos sólidos industriais e definiu aos geradores a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) com estabelecimento de metas e procedimentos para sua minimização. A composição mínima do documento está especificada no artigo 21, onde este deverá contemplar:

- I - descrição do empreendimento ou atividade;
- II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados;
- III - observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa e, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:
 - a) explicitação dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento de resíduos sólidos;
 - b) definição dos procedimentos operacionais relativos às etapas do gerenciamento de resíduos sólidos sob responsabilidade do gerador;
- IV - identificação das soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores;

- V - ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes;
- VI - metas e procedimentos relacionados à minimização da geração de resíduos sólidos e, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, à reutilização e reciclagem;
- VII - se couber, ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, na forma do art. 31;
- VIII - medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos;
- IX - periodicidade de sua revisão, observado, se couber, o prazo de vigência da respectiva licença de operação a cargo dos órgãos do Sisnama (BRASIL,2010).

No objetivo de atender as questões legais, as organizações de gases do ar estabelecem políticas operacionais com auditorias documentais, medição dos resultados na destinação dos resíduos ao aterro sanitário, comparando-os proporcionalmente aos valores de meta anual, cheque nos volumes dos outros resíduos e suas destinações e o acompanhamento da redução de todos os resíduos. O autor tem conhecimento em sua vivência profissional, do quanto uma meta de redução dos resíduos para aterro sanitário, estimula o estudo no seu máximo reaproveitamento ou em ações para reciclagem das matérias, porque em muitas ocasiões este indicador tem relação direta com bônus pagos aos gestores.

A PNRS (BRASIL, 2010) definiu em seu artigo 9, uma hierarquização do tratamento e disposição dos resíduos sólidos com objetivo de que as decisões de cidades, comunidades ou empresas sejam melhor administradas, para uma forma mais adequada na destinação dos seus materiais. Isto define que sejam observadas no planejamento, outras questões como o meio ambiente da região, ciclo de vida dos materiais, fatores sociais e a viabilidade econômica. Neste planejamento para uma melhor disposição dos resíduos sólidos, King et. al. (2006) define quatro níveis estratégicos em uma tomada de decisão para a destinação dos resíduos sólidos:

- 1) redução do desperdício (assim como elevar a durabilidade do produto);
 - 2) reutilização de sobras (assim como remanufaturar produtos para uma segunda vida);
 - 3) recuperação dos resíduos (assim como reciclagem de matéria prima); e,
 - 4) aterro sanitário (como último recurso). O último nível estratégico apresentado, ou seja, o uso do aterro significa dizer que, em uma economia sustentável essa hipótese só deve existir quando não houver mais nenhuma outra possibilidade de não desperdiçar.
- No caso das empresas, quanto menos utilizarem o aterro sanitário como opção, maior será o proveito dos recursos e menores serão os custos dos processos de produção (KING et. al., 2006, p.258).

A sustentabilidade empresarial tem sido muito valorizada como mecanismo de mudança na produção e no consumo diante das mudanças climáticas e ambientais, porque as empresas sempre estiveram expostas negativamente como as grandes poluidoras do meio ambiente e uma gestão adequada de resíduos gerados assume

a exata dimensão de integrar os aspectos econômicos, sociais e ecológicos nos negócios (VILLANI & RIBEIRO, 2009).

As empresas como a WM, são reconhecidas e referência na sustentabilidade empresarial, porque publicam seus resultados anualmente em relatórios de sustentabilidade, tornando transparente a sua gestão de negócios e a comunicação dos seus impactos ambientais.

Os volumes e destinações de resíduos costumam ser um dos assuntos abordados nos relatórios de sustentabilidade, como uma forma transparente de comunicação ao mercado e clientes da correta destinação dos seus resíduos. No site de uma das maiores empresas de gases do ar, está publicado as destinações realizadas dos seus resíduos no período de 2010 a 2012, e está reproduzido na Figura 3.

Figura 3 - Resíduos em relatório de sustentabilidade.

Resíduos perigosos e não perigosos ^{1 e 2}			
RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS (t)			
	2010	2011	2012
Compostagem	-	2.758	2.242
Reciclagem	2.275	2.024	28.858
Incineração ou uso como combustível (perlita; material purificador; microsferas de vidro; peneira molecular)	-	24	3
Aterro sanitário	613	737	2.338
Outros (madeira para recuperação de energia; papel e papelão; resíduos de varrição de fábrica e de lodo de estação de tratamento de esgotos – ETE para recuperação de energia)	46	4	2
Total	2.934	5.547	33.442
RESÍDUOS PERIGOSOS (t)			
	2010	2011	2012
Compostagem	-	0	32
Reciclagem (lâmpadas fluorescentes; óleo usado; cal de carbureto; pilhas e baterias)	31.902	29.400	1.944
Incineração ou uso como combustível (contaminados com óleo; solvente usado; asbestos; pó neutral; óleo usado; EPI velho)	-	35	89
Aterro sanitário	2.351	1.602	210
Outros (óleo usado enviado para recuperação de energia; óleo usado e contaminado com óleo enviado para recuperação de energia)	135	1	25
Total	34.388	31.038	2.299

1 O método de disposição dos resíduos é determinado de acordo com a classificação do resíduo conforme a norma ABNT NBR 10.004.
2 A classificação da cal de carbureto sofreu uma modificação. Nos anos anteriores, era qualificada como resíduo perigoso, mas, em 2012, passou a ser resíduo não perigoso, dado que esse material vem sendo aproveitado como subproduto em alguns estados do Brasil, conforme aprovação do órgão ambiental. Essa nova classificação é responsável pela variação expressiva apresentada na tabela.

Nota: Identificado o resíduo perlita por sua destinação para incineração e aterro.

Fonte: Praxair Inc, 2012.¹

O resíduo de perlita está destacado na Figura 3, em razão de ser um dos volumes descartados pela indústria de gases do ar sem um estudo que viabilize uma outra aplicação em qualquer outro segmento industrial. O autor trabalhou em uma das maiores empresas do setor de gases industriais, e a partir dos grandes volumes deste

¹Disponível em: <<http://www.praxair.com.br/-/media/corporate/praxair-brazil/documents/sd-brazil/relatorio-de-sustentabilidade-20112012.pdf?rev=7a19eefd4de7484d96a52f15c3b81207>> Acesso em: 06 set. 2020.

resíduo em seu programa ZW, se desafiou ao desenvolvimento de um trabalho técnico de pesquisa com base na hipótese de que a perlita mantém suas características inertes com objetivo de utilizá-la em um outro aproveitamento ao invés do envio direto para aterro sanitário ou incinerador.

Hipótese

Esta pesquisa partiu da hipótese que a perlita expandida mantém suas características inertes na sua composição após ser retirada dos vasos criogênicos, facultando sua reutilização.

Objetivo Geral

Esta pesquisa visa indicar o aproveitamento técnico-econômico da perlita expandida por reutilização e/ou reciclagem em outro segmento(s) industrial(is). Desta forma os envolvidos no processo terão que atender as condições determinadas por um diagnóstico de ações necessárias para a atividade.

Objetivos específicos

- i. analisar as características da composição da perlita expandida retirada das plantas industriais demonstrando a inexistência de contaminantes;
- ii. levantar aplicação(ões) viável(is) para utilização da perlita expandida em outros negócios;
- iii. avaliar as aplicações da perlita expandida com capacidade econômica viável para absorvê-la e os seus ganhos potenciais;
- iv. desenvolver critérios técnicos para parcerias com empresas interessadas na reciclagem e/ou reutilização da perlita expandida;

v. propor uma programação as plantas criogênicas interessadas, o envio da perlita expandida para as empresas escolhidas.

Relevância da pesquisa

A pesquisa tem relevância ambiental, na medida que permitirá:

- i. A inserção do resíduo perlita expandida empregado em plantas criogênicas como matéria prima em outra aplicação empresarial, evitando-se sua destinação para aterros sanitários que possuem como principal finalidade de receber resíduos sólidos urbanos;
- ii. A reutilização e/ou reciclagem da perlita expandida gerada nas plantas criogênicas, diminuirá a exploração deste recurso natural.

Além disto, existe uma relevância científica justificada pela carência de pesquisas acadêmicas sobre o assunto.

Metodologia

Na elaboração desta dissertação, em uma primeira etapa, houve uma pesquisa exploratória em fontes não acadêmicas, como no portal de busca Google.

Na segunda etapa desta pesquisa, retornou-se para a busca sobre as aplicações possíveis da matéria, em que mais uma vez, se utilizou como palavra chave: perlita, e encontrou-se um instituto denominado: *Perlite Institute* (PI), especialmente criado em 1949 nos Estados Unidos que possui o objetivo de disseminar o conhecimento técnico e as aplicações da perlita.

A sua documentação abrangente no tema, nos mostrou a diversidade das aplicações no mundo e serviram para avaliar aquelas existentes no Brasil, porque o assunto até então era disperso sem a profundidade necessária das potenciais utilizações no aproveitamento da perlita. Nesta etapa inclusive, foram realizados contatos com segmentos industriais para entender e esclarecer se trabalhavam com a perlita e caso contrário, se haveria o interesse no aproveitamento da perlita

criogênica. A partir dos resultados preliminares alcançados com possíveis utilizações da perlita criogênica, ocorreram reuniões com a empresa criogênica para o estabelecimento de um critério do aproveitamento do material e uma determinação da atividade viável para recebê-la. Este critério foi fundamental para a realização da pesquisa porque definiu um direcionamento técnico para o trabalho.

Na etapa seguinte, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre a perlita, através de artigos, dissertações e teses que foram organizadas com recurso do software Mendeley que contém Periódicos e Banco de Teses e Dissertações da Capes em sua base de dados.

Estabelecida uma base sólida para a ação na pesquisa, ocorreram visitas técnicas para verificar e entender o funcionamento da perlita na aplicação escolhida como viável. Assim, foi possível a realização de um levantamento no campo de quaisquer condições consideradas necessárias ao aproveitamento da perlita e quaisquer outras consideradas importantes para a pesquisa.

Durante a realização da pesquisa também foram escolhidos parceiros de acordo com critérios estabelecidos pela empresa criogênica. As visitas de campo possibilitaram contextualizar e apresentar proposições adequadas para uma gestão contínua no aproveitamento da perlita criogênica.

Estrutura da dissertação

A Introdução apresenta o tema do trabalho, o problema, a hipótese, os objetivos, a relevância e a metodologia para o desenvolvimento desta pesquisa.

O Referencial Teórico do trabalho é composto pelos capítulos 1 (um), 2 (dois), e 4 (quatro).

No capítulo 1 (um) é detalhadamente estudado a perlita desde a sua origem, transformação de estado, formas de comercialização e mercado, emprego e meios de descarte para o entendimento quanto a sua viabilidade em uma outra aplicação que não seja na produção de gases do ar.

No capítulo 2 (dois) são levantadas as possibilidades técnicas que envolvem a pesquisa exploratória, a literatura do assunto inclusive os requisitos legais envolvidos, para o entendimento quanto às utilizações possíveis da perlita expandida com as

condições determinadas como elegíveis pela empresa de gases do ar e o estudo do(s) mercado(s) do(s) segmento(s) escolhido(s).

No capítulo 3 (três) são descritos os métodos e procedimentos para realização da pesquisa.

No capítulo 4 (quatro) é tratado a maneira como deve ser realizado o descarte da perlita expandida para o conhecimento pormenorizado do assunto, modelagem dos critérios técnicos, financeiros e legais dos envolvidos, assim como todo planejamento realizado de descartes programados.

No capítulo 5 (cinco) são apresentados os resultados obtidos da pesquisa.

No capítulo 6 (seis) é apresentada uma análise e discussão dos resultados da pesquisa.

No capítulo 7 (sete) são formuladas as conclusões da pesquisa com descrição de algumas limitações, propondo-se sugestões para trabalhos futuros. A Figura 4 resume a estrutura da dissertação.

Figura 4 - Estrutura da Dissertação

Introdução	Referencial Teórico (capítulos 1, 2 e 4)	Metodologia (capítulo 3)	Resultados Obtidos (capítulo 5)	Análise e Discussão dos Resultados (capítulo 6)	Conclusões da pesquisa e sugestões (capítulo 7)
<ul style="list-style-type: none"> • Contextualização • Problema • Hipótese • Relevância da pesquisa • Objetivos • Metodologia • Estrutura da dissertação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização da inexistência de contaminantes na perlita expandida. • Avaliação das possibilidades técnicas viáveis. • Avaliação do mercado para verificar a viabilidade de manutenção da medida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos e procedimentos para pesquisa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e entendimento do que foi encontrado na pesquisa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fechamento do trabalho comparado com os objetivos definidos na introdução. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitações encontradas no trabalho. • Contribuição para trabalhos futuros.

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

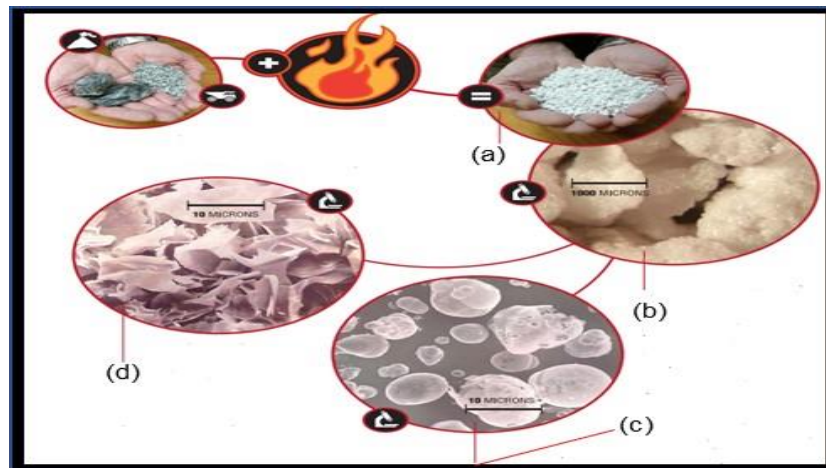
1 PERLITA COMO MATÉRIA PRIMA DA INDÚSTRIA DE GASES DO AR

1.1 Composição, característica e formas de apresentação da perlita

A perlita é uma rocha de origem vulcânica com estrutura vítrea encontrada em algumas regiões do planeta, formada quando a lava na forma de rocha derretida é expelida de um vulcão e esfria rapidamente (DE FREITAS & CAETANO, 2018). No resfriamento, a água fica presa dentro da rocha e a lava se transforma em uma estrutura de vidro com característica diferente dos demais minerais vulcânicos por sua capacidade de expandir-se de quatro a vinte vezes ao seu volume original, quando aquecida à altas temperaturas.

Este fenômeno se deve justamente a presença de água retida dentro do mineral cru, que diante da ocorrência do aquecimento, se evapora formando uma infinidade de pequenas bolhas de ar seladas e conectadas entre si (ALKAN & DOGAN, 2001). A Figura 5, mostra a transformação da perlita.

Figura 5 - Transformação da perlita nas suas diversas formas.



Legenda: (a) - mineral aquecido com partículas expandidas; (b) - partículas leves, isolantes e em forma de bolhas; (c) – técnicas permitem expansão e coleta de bolhas; (d) – partícula como um labirinto microscópico para aplicações.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em PI, 2009².

² Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/why-perlite-works.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

A perlita é atóxica, inerte quimicamente, possui alta durabilidade e característica de ser refletiva à luz, baixa densidade, coloração branco acinzentada, pH neutro, retenção iônica desprezível e baixo teor de ferro. As formas de apresentação da perlita estão mostradas na Figura 6.

Figura 6 - Formas de apresentação da perlita.



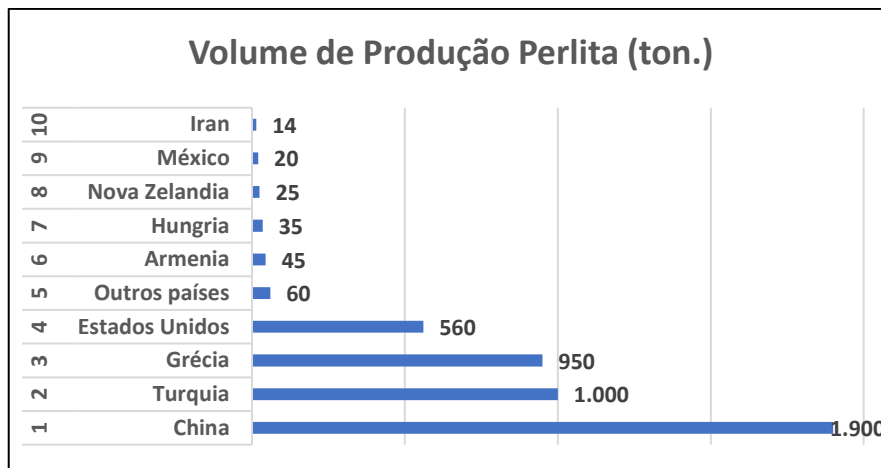
Fonte: Elaborado pelo autor com base em PI, 2011³.

1.2 Produtores de perlita e o mercado da matéria prima

Na pesquisa realizada quanto as reservas e volumes de produção de perlita, puderam ser utilizadas as informações existentes no relatório anual elaborado pelo Centro Nacional de Informações Minerais dos Estados Unidos (USGS), instituição de pesquisa geológica com mais de 125 anos de existência. Esta publicação fornece estimativas dos dados de mais de 90 minerais. Assim o relatório de 2018, proporcionou a realização da Figura 7, onde se apresentam os maiores produtores de perlita.

³ Disponível em: <<http://manualdejardinagem.blogspot.com/2011/07/perlita.html>> Acesso em: 06 set. 2020.

Figura 7 - Maiores produtores de perlita em 2018.



Fonte: USGS, Mineral Commodity Summaries, 2019.

As maiores reservas de perlita mineral identificadas na Figura 6, foram apresentadas visualmente em um globo terrestre como uma forma de posicionar geograficamente a distribuição dos maiores países produtores e ao mesmo tempo mostrar dentre estes, aqueles que comercializam a matéria com o Brasil. A Figura 8 representa a informação de distribuição geográfica, mencionada anteriormente.

Figura 8 - Distribuição geográfica dos produtores de perlita.



Nota: Na cor verde se encontram os países que comercializam perlita com Brasil.

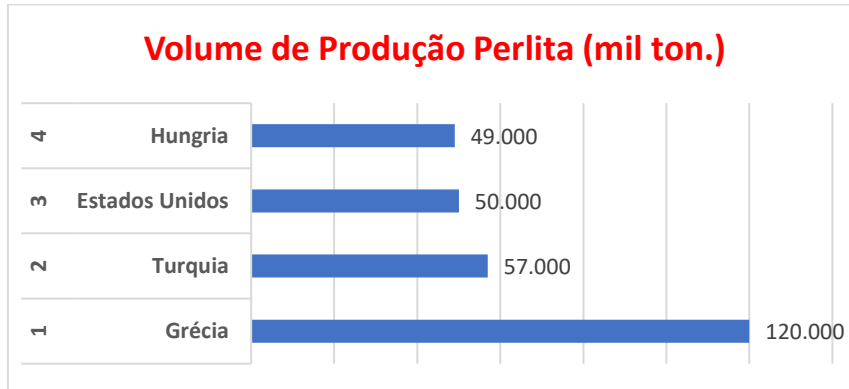
Legenda: (1) China; (2) Turquia; (3) Grécia; (4) Estados Unidos;
 (5) Outros países; (6) Armênia; (7) Hungria; (8) Nova Zelândia;
 (9) México; (10) Irã.

Fonte: USGS, Mineral Commodity Summaries, 2019.

No relatório da USGS de 2018, também é possível encontrar as maiores reservas estimadas de perlita mineral no planeta e observar que existe uma grande

concentração em apenas quatro países. A Figura 9 apresenta a informação das reservas de perlita mineral.

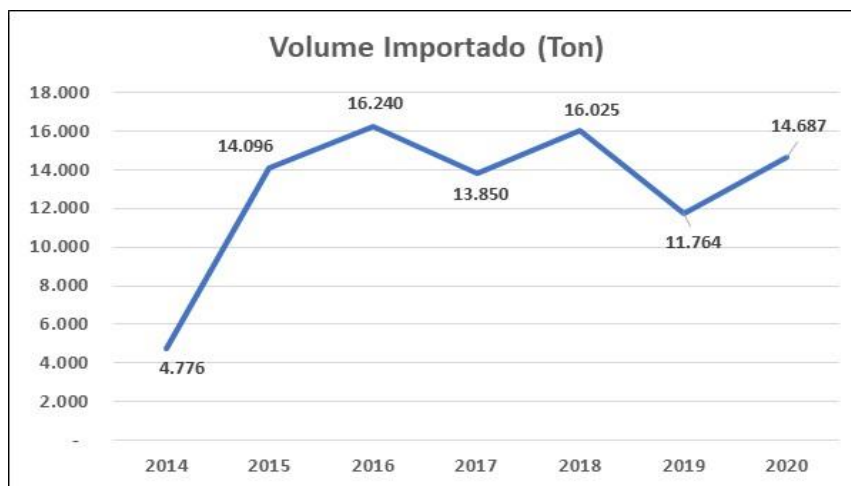
Figura 9 - Maiores reservas disponíveis de perlita.



Fonte: USGS, Mineral Commodity Summaries, 2019.

A importação da perlita mineral no Brasil é a única forma de se adquirir esta matéria prima para utilização nas diversas aplicações no país. No objetivo de entender o comportamento do volume de compra de perlita por empresas brasileiras nos últimos sete anos, pesquisou-se estas informações no site de comércio exterior do Ministério da Economia (ME). A Figura 10 apresenta os resultados desta pesquisa.

Figura 10 - Volumes importados de perlita nos últimos sete anos.



Fonte: Elaboração própria com dados do ME, 2020.

O comportamento do volume de perlita importada no Brasil é variável. Quanto ao minério de perlita a partir das informações obtidas, as suas reservas naturais ficam concentradas em poucos países, com um aparente potencial de crescimento de demanda nos próximos anos. O custo da aquisição da perlita é alto por ser importada e comercializada em dólares.

1.3 Aplicação de perlita em tanques criogênicos

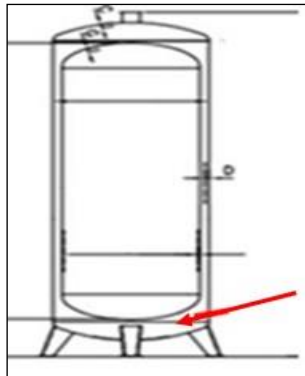
Segundo Vila (2001, p.2):

[...] as unidades industriais de gases do ar, tem seu funcionamento baseado em um processo que envolve filtragem, compressão, resfriamento e liquefação do ar atmosférico com objetivo de separar os gases oxigênio, nitrogênio e argônio nas estruturas retangulares ou redondas de aço carbono dos seus equipamentos.

Estas estruturas contêm colunas de destilação e trocadores de calor em materiais de aço inox e alumínio, para o armazenamento dos gases em um estado líquido a temperaturas de -196°C e pressões de trabalho de 0 a 425 psig nos tanques criogênicos.

Os diferentes tipos de tanques utilizados para o armazenamento de gases têm a sua lógica explicada, na sua dependência à capacidade de produção do tipo contratado de gás por seu grande cliente industrial (siderúrgica, por exemplo). A sua fabricação é realizada mediante, a construção de um tanque interno (container) em aço inox dentro de outro confeccionado em aço carbono (casco) com preenchimento de perlita expandida e vácuo entre os espaços dos tanques para obter um isolamento térmico, no chamado espaço anular mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Espaço anular de tanque criogênico.



Nota: A seta vermelha mostra o espaço entre tanque interno e externo.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2020.

Nas unidades criogênicas de separação de ar entre a sua estrutura e as suas colunas também se preenche o espaço com perlita expandida em um volume que pode alcançar de 200 m^3 até 4.000 m^3 , dependendo do tamanho da planta. Uma coluna de separação de gases do ar está mostrada na Figura 12.

Figura 12 - Coluna de separação de gases do ar.



Fonte: Praxair Inc, 2012⁴.

O isolamento térmico dos tanques criogênicos é realizado com perlita expandida, por ser considerado o método mais econômico em razão dos seus valores, comparativamente com outros materiais isolantes e por sua natureza granular permitir o enchimento dos equipamentos de uma maneira fácil em curto período de tempo de instalação.

Segundo Baumgartner (BAUMGARTNER et al. 2004, p.619), na adoção da perlita expandida em um tanque criogênico, este material ao preencher o seu espaço anular poderá potencialmente apresentar um resultado indesejado por um fenômeno físico decorrente de uma compactação mal realizada ou em situação de perda no vácuo. Este fenômeno tem como causa a redução da perlita devido às diferenças de temperatura e comportamento mecânico entre o tanque interno e o tanque externo durante as suas operações que podem ser de resfriamento, operação e aquecimento. A compactação da perlita é resultado da ação das pressões laterais decorrentes das paredes do tanque, ou seja, da pressão interna sobre a parede externa do tanque e da pressão externa para o tanque interno, esta última poderá ocasionar uma colisão desastrosa podendo levar a um colapso no tanque. Ações de monitoramento dos tanques e adoção de alguns outros materiais na região anular são alguns dos exemplos de estratégias adotadas para o problema.

Na ocorrência de imperfeições no isolamento térmico, uma certa quantidade de calor poderá ser transferida da parede externa do tanque ao seu tanque interno e, conseqüentemente, aparecerão pontos resfriados na parede do tanque externo, o que em situações críticas poderá fragilizar o material por baixa temperatura.

⁴Disponível em: <<http://www.praxair.com.br/-/media/corporate/praxair-brazil/documents/sd-brazil/relatrio-de-sustentabilidade-20112012.pdf?la=pt-br&rev=7a19eefd4de7484d96a52f15c3b81207>> Acesso em: 06 set. 2020.

A dimensão do volume de perlita expandida empregada em tanques criogênicos, pode ser avaliada a partir do número de trinta e três cidades aonde estão instaladas filiais da maior empresa de gases do ar do Brasil. Nestas cidades existem em torno de quarenta e seis plantas o que representa um volume considerável de perlita expandida, porque em cada uma planta em manutenção, isto representa material ao aterro sanitário e sua reposição. Em um cenário de mais de uma planta industrial em manutenção, maior a quantidade da perlita expandida descartada, ocasionando uma elevada quantidade de produto para aterro sanitário devido aos volumes empregados nos equipamentos.

1.4 A perlita expandida utilizada nos tanques criogênicos

A matéria prima perlita pode ser adquirida no mercado produtor de duas maneiras distintas, uma em que se compra o minério em um fabricante e se realiza internamente a sua expansão, empregando equipamentos expansores. E uma outra em que se adquire sob a forma expandida neste mesmo fabricante para ser utilizada imediatamente nos tanques criogênicos. Naturalmente a aquisição do minério tem um custo mais baixo do que o produto expandido.

No objetivo de entender, o processo de expansão do minério e buscar maiores informações técnicas das características do estado do produto, será discriminado e representado o fluxo produtivo na Figura 13.

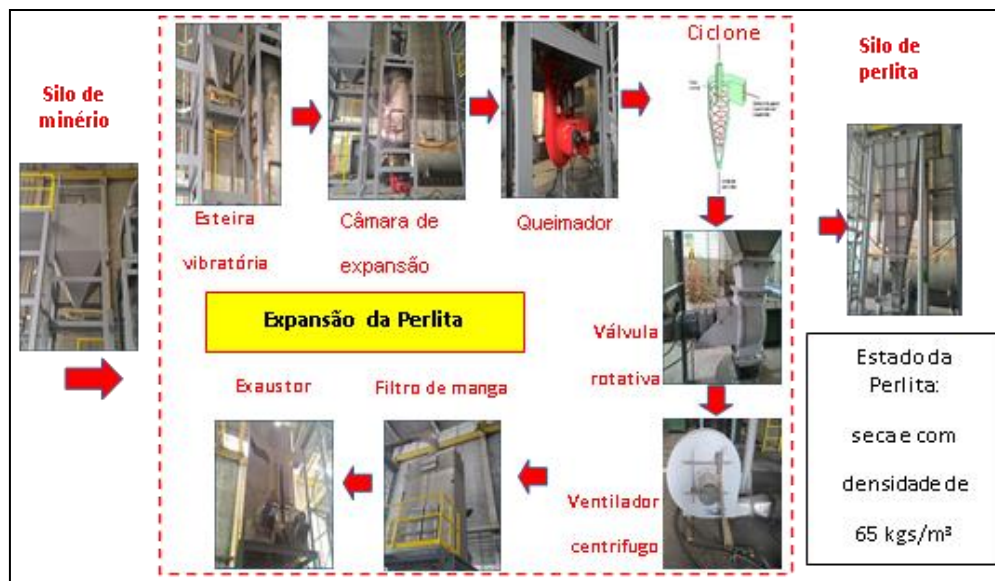
O início da expansão do minério de perlita, começa na sua entrada em seu silo próprio de acondicionamento, onde será transportado por uma esteira vibratória para uma câmara de expansão. Na câmara ocorrerá um aquecimento de temperatura nas faixas de 850° e 900°C por um queimador, ocasionando sua expansão em volume de 7 à 16 vezes comparado ao seu volume original com formação de bolhas no seu interior. Estas bolhas observadas no microscópio tem uma semelhança próxima à uma pipoca de milho, fenômeno causado pela evaporação da água cujo resultado físico no produto é o de oferecer ótimas propriedades físicas de isolamento com baixo peso específico para a matéria.

Na medida que a perlita se encontrar expandida, será succionada pela tubulação no topo da câmara de expansão devido a sua condição de estar mais leve até um ciclone.

No ciclone escoará em forma rotativa no seu interior, com altas velocidades e ocorrerá uma separação entre partículas leves e mais pesadas (perlita expandida) por colisão nas paredes, em que as pesadas cairão no fundo do equipamento onde existirá um silo de armazenamento. No caso das partículas mais leves e resíduos finos da queima no ciclone, estes seguirão por uma tubulação acima do equipamento para um filtro de manga onde exaustor(es) conduzirá(ão) à uma válvula rotativa na saída para retirada do material destinado ao aterro sanitário.

A perlita expandida no silo de armazenamento poderá ainda ser transportada para outros silos ou utilizada em equipamentos de separação de gases do ar empregando-se uma válvula rotativa e um ventilador centrífugo por uma tubulação. No final do processo de expansão, a perlita expandida assumirá as características de estar seca e com uma densidade de 65 kg/m^3 .

Figura 13 - Processo de expansão de perlita.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações de processo conhecido que vivenciou profissionalmente, 2020.

1.5 O descarte de perlita expandida dos tanques criogênicos

O descarte da perlita expandida ocorre porque a sua propriedade de isolamento térmico é impactado no momento da sua retirada, e não se pode reutilizá-la uma vez mais. As atividades envolvidas na operação do descarte de perlita devem ser desenvolvidas com precaução, porque tem elevado risco de acidentes de trabalho e de emergências ambientais por se tratar de vasos criogênicos de dimensões físicas grandes.

A operação de descarte envolve as seguintes questões:

- a) contratação de serviço de manutenção que envolva o recolhimento da perlita expandida em contentores flexíveis confeccionados em tecidos recicláveis de polipropileno e costurados com revestimentos internos em polietileno trançado de capacidades que poderão variar em 1 ou 2 m³, denominados de “big bags”. Estes contentores deverão ser armazenados em local provisório para seu encaminhamento ao aterro sanitário, como exemplo na Figura 14, está apresentado em (a) um big bag de 1 m³ (90 x 90 x 110) e em (b) mostra um big bag de 2 m³ (140 x 90 x 90);

Figura 14 - Modelos de “big bags”.



(a) - modelo de big bag de 1 m³; (b) - modelo de big bag de 2 m³.

Fonte: BIGBAGS (2020) e CONTEFLEX (2020).

- b) contratação de empresa transportadora com licença ambiental para direcionamento da perlita expandida retirada para um aterro sanitário também a ser contratado para este recebimento;
- c) contratação de empresa de movimentação que envolva caminhão “munck” e/ou empilhadeira com operadores habilitados e ajudantes para as atividades de encaminhamento da perlita expandida retirada

de tanques criogênicos em “big bags”. Estes, levados a uma área de armazenagem de “big bags” e posteriormente movimentados para veículo transportador contratado para encaminhamento ao aterro sanitário. A Figura 15, mostra imagem de um caminhão “munck” e uma empilhadeira, utilizados em movimentação.

Figura 15 - Equipamentos utilizados na movimentação da perlita.



(a) - caminhão munck; (b) - empilhadeira.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em JZMUNCK , 2020.

- d) realização de pesagem e confecção de documentações fiscais e ambientais para acompanhamento da carga de perlita expandida para descarte.

Conforme pode ser percebido pela sequência das atividades envolvidas no descarte da perlita, poderão existir locais temporários impróprios ou onde o armazenamento dos “big bags” com perlita estejam mal acondicionados em região à céu aberto. Isto poderá significar de que o material sob intempéries naturais como chuva, poderão ficar inaproveitáveis em contato com água ou se espalharem no solo, o que em ambas situações levarão a não ter mais uma utilidade industrial.

A precaução ressaltada na operação do descarte da perlita, tem sua explicação na medida que ocorreram acidentes na França na cidade de Richemont em 11 de junho 2012, onde três válvulas de segurança foram acionadas em uma situação de sobrepressão a 25 metros de altura do equipamento. Isto desencadeou uma descarga violenta de 63 toneladas de perlita em poucos minutos que se transformaram em uma nuvem de pó onde o vento encarregou-se de direcionar para uma rodovia próxima.

Esta ocorrência⁵ poderia ter levado a situações com mortes por engolfamento do pessoal da operação, e o controle da situação ocorreu apenas após quatro horas e meia depois do seu início. No controle houve borrifamento de água sobre a perlita para evitar a formação de novas nuvens, por empregados equipados com proteção.

Na Índia⁶ em 03 de junho de 2016, também ocorreu um evento com perlita no distrito de Bokaro onde pessoas de vilarejos próximos ficaram doentes.

A atividade de descarte ou enchimento de perlita expandida, deve ser realizada por empresas especializadas que possuam experiência e atuação exclusiva neste segmento devido ao elevado risco envolvido no trabalho. No exterior, empresas como, a Perlindústria, pertencente ao Grupo PV da Espanha, possuem mais de 35 anos na realização da atividade. A Figura 16, mostra imagem do espaço anular de um tanque criogênico e uma operação de enchimento de perlita.

Figura 16 - Atividades de descarte e enchimento de perlita.



(a) - perlita a ser retirada do tanque; (b) operação de enchimento do tanque.

Fonte: PERLINDÚSTRIA, 2020.

⁵Disponível em: <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42269_en/?lang=en> Acesso em:06 set. 2020.

⁶ Disponível em: <<https://timesofindia.indiatimes.com/city/jamshedpur/ESL-asked-to-submit-on-site-disaster-plan/articleshow/52723852.cms>> Acesso em:10 abr. 2019.

2 AVALIAÇÃO DE APLICAÇÕES DE PERLITA

As avaliações apresentadas possuem as diversas formas da utilização da perlita, e requerem o conhecimento das características da matéria utilizada tanto no mundo quanto aqui no Brasil. Estas características deverão ser similares a da perlita criogênica, para que nesta comparação possa ser indicado um caminho de reaproveitamento do material.

No ano de 2017, houve o estabelecimento de um projeto em uma empresa multinacional de gases do ar sob a coordenação do autor, com o propósito de entender todas as aplicações existentes e possíveis com a perlita, assim como o estabelecimento das condições necessárias que definissem um processo que pudesse ter continuidade contendo os requisitos de:

- a) entender o enquadramento legal do descarte da perlita, em um ponto de vista definido no fundamento legal da hierarquia na gestão dos resíduos sólidos mais do que simplesmente destiná-la ao aterro sanitário;
- b) avaliar as aplicações com perlita no mundo e no Brasil;
- c) garantir que a(s) aplicação(ões) escolhida(s) não definam situações de passíveis ambientais ou ocorrências de contaminações com pessoas;
- d) manter a(s) aplicação(ões) escolhida(s) por ela(s) possuir(em) capacidade de absorção do volume de perlita e capital para mantê-la continuamente sendo encaminhada.

Assim, cada um dos pontos foi resultado de muita pesquisa, com uma revisão da literatura sobre as aplicações possíveis com a perlita expandida para ser uma orientação técnica na melhor definição para o destino da perlita expandida.

2.1 Necessidade de enquadramento legal do descarte da perlita

A perlita expandida representa um dos maiores volumes de resíduos das indústrias de gases do ar com uma destinação automática ao aterro sanitário. Esta

destinação automática para aterro sanitário não atende o que está definido em nossa legislação, a partir de uma reflexão do que está estabelecido na Constituição Federal em seu artigo 225: “Todos têm direito ao Meio Ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as futuras e presentes gerações” (BRASIL, 1988).

E conjuntamente se houver uma análise, ao que está determinado na Lei Federal Nº 12.305/2010, no seu capítulo I denominado: “Disposições Preliminares”, em seu artigo 9º:

“Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010).

Fica demonstrado a partir de um ponto de vista técnico, que uma destinação automática para um aterro sanitário sem um estudo prévio de uma ou mais possibilidades, contraria o que está denominado na legislação. No marco legal estabelecido na Lei 9.985/2000, está definido o uso sustentável como:

“[...] exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável” (BRASIL, 2000).

A questão não está em evidenciar ilegalidades praticadas por empresas de gases do ar, mas mostrar que os princípios fundamentais da lei definem uma destinação mais adequada para o resíduo desde que tenha sido realizada uma análise quanto a sua reutilização, reciclagem ou, somente em último caso, destinação ao aterro sanitário.

O planeta enfrenta um enorme desafio com a gestão dos recursos naturais, e muito se tem discutido a importância de mudanças conceituais que levem em conta a sustentabilidade, mas isto de fato somente ocorrerá quando se manifestar em ações práticas das organizações nos seus processos de trabalho.

2.2 Aplicações da perlita no mundo e no Brasil

Nas pesquisas realizadas sobre a perlita no mundo, levantou-se a informação sobre um instituto denominado: *Perlite Institute* (PI), criado em 1949 nos Estados Unidos com o objetivo de disseminar o conhecimento técnico e as aplicações da perlita. O PI promove dados técnicos de forma pública e a adesão de novos membros; desenvolve projetos de novos produtos e aplicações, e gera um banco de dados para compartilhamento aos membros.

No propósito de avaliar cada uma das aplicações para a perlita, as informações existentes na biblioteca no domínio do PI foram úteis, e algumas serão mostradas a seguir em uma forma resumida e objetiva. Neste resumo, estarão os pontos principais da aplicação realizada com a perlita no objetivo de facilitar o seu entendimento, e ao mesmo tempo que as informações sirvam se é factível uma mesma utilização com uma implementação rápida, segura e fácil da perlita criogênica descartada.

2.2.1 Aplicações da perlita na horticultura

A perlita expandida funciona como um dos quatro elementos essenciais na mistura de solo; no caso seria o catalisador mineral que aumenta a eficácia dos outros três componentes do solo: material orgânico, ar e água. Como bem está assegurado no documento das publicações do PI, referente a horticultura fica claro que:

- [...] As vantagens na sua aplicação como catalisador mineral, são as de:
- deixar o solo das plantas consistente sem o compactar, ao mesmo tempo mantendo a sua aeração e drenagem das suas raízes;
 - não se decompor com o tempo, o que levaria ao esgotamento de nitrogênio do solo;
 - manter o solo livre de ervas daninhas, doenças e pragas;
 - ser leve e fácil de usar;
 - possuir um pH neutro, por sua natureza inerte ao se misturar com materiais orgânicos;
 - possuir uma densidade variando entre 65 a 130 kg/m³ (PI, 2020).

Assim fica claro que, a perlita é empregada na horticultura através de técnicas de produção na melhoria da umidade do solo, e segundo o texto é possível sua utilização no cultivo hidropônico, que tem a característica de ser realizado sem solo. A manutenção da umidade do solo por ser um elemento essencial na horticultura,

exemplificou-se na Figura 17, uma técnica com perlita em gramado para a retenção de água no solo, conforme o documento do PI. O PI ainda mostra uma utilização da perlita como aditivo agrícola.

Figura 17 - Aplicação de perlita em um gramado.



(a) - antes da aplicação: solo com raízes; (b) utilização de abertura para aeração e perlita; (c) aparência depois da aplicação; (d) vista geral da aplicação.

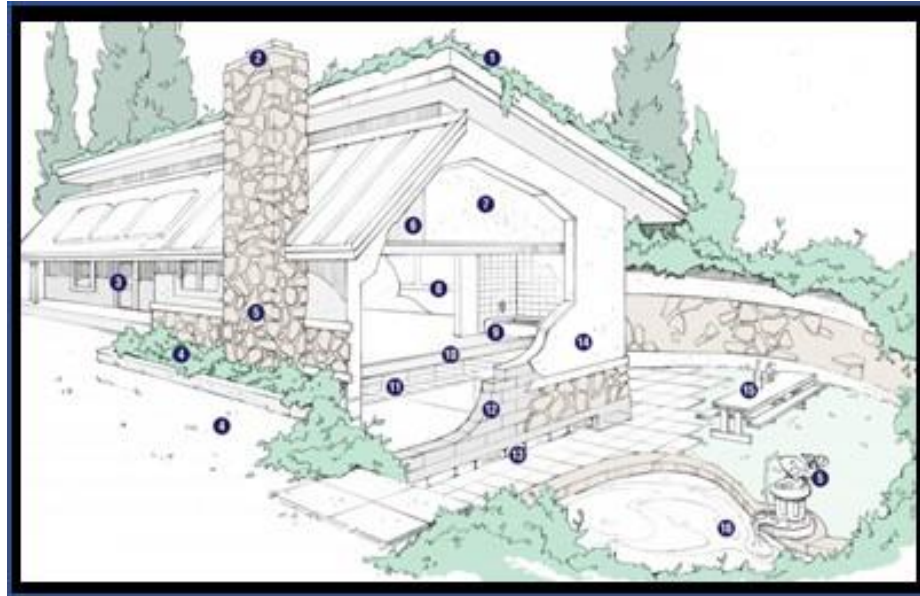
Fonte: PI, 2020⁷.

2.2.2 Aplicações da perlita na construção civil

Na leitura das documentações do assunto no PI, pode-se dizer que a perlita é empregada na construção civil em aplicações para revestimento térmico de edificações, elemento do concreto para fins de isolamento térmico, revestimento estético de elementos arquitetônicos (efeitos desgastados na madeira e em pedra), entre outras formas de sua utilização. Na Figura 18, fica claro as utilizações da perlita na construção civil.

⁷Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2020/06/Perlite-for-Lawns-Gardens.pdf>> Acesso em: 07 set. 2019.

Figura 18 - Aplicações da perlita na construção civil.



Legenda: (1) telhado verde; (2) forro para isolamento interno de chaminé; (3) núcleo isolante de portas corta fogo; (4) jardinagem e correção do solo; (5) aparência de pedra, tijolo e elementos decorativos; (6) agregado de gesso; (7) tinta texturizada; (8) massa de revestimento para alvenaria; (9) aparência estética do mármore; (10) elemento de isolamento no concreto; (11) composição da telha; (12) granulado dentro de paredes; (13) isolamento aplicado em laje; (14) estuque de cimento; (15) filtragem de água para bebida humana; (16) filtragem de água de piscina e de lago.

Fonte: PI, 2020⁸.

Na documentação do PI, está mostrado a utilização de duas formas de concreto perlítico, uma chamada de ultraleve que possui densidade de 800 kg/m³ com cimento Portland, para ser utilizado em locais que a propriedade do isolamento térmico seja necessária. Uma outra forma de concreto perlítico denominada leve, possui uma composição combinada em areia com uma densidade variável de 800 a 1.800 kg/m³, para oferecer alta resistência a compressão, o que a torna adequado em pisos e acabamentos finais.

A busca realizada por empresas brasileiras que realizassem esta utilização não encontrou nenhum resultado.

⁸Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/perlite-house.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

2.2.3 Aplicações da perlita em isolamentos contra fogo

Nos documentos da livraria do PI, a perlita é empregada como revestimento de recipientes metálicos de fundições, porque seu desempenho isolante é eficiente termicamente no contato com o metal fundido, o que evita perda de calor e de tempo na atividade. Assim, a Figura 19 extraída do texto, retrata um processo de fundição, realizado com um recipiente revestido em perlita.

Figura 19 - Recipiente com revestimento em perlita.



Fonte: PI, 2020⁹.

Esta aplicação da perlita não foi encontrada em fundições brasileiras pesquisadas.

2.2.4 Aplicações da perlita em isolamento acústico

Na leitura da documentação do PI, deve ser observado que a estrutura da perlita com seus sucessivos compartimentos de ar dificultam a propagação das ondas sonoras, tornando-o um filtro de bloqueio e absorção de som. Isto favorece a fabricação de painéis isolantes que absorvem ondas sonoras e reduzem o tempo de reverberação. A Figura 20, foi extraída de um documento do PI, para mostrar painéis compostos de perlita.

⁹Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/perlite-high-temp-applications.pdf>> Acesso em: 07 set. 2019.

Figura 5 - Painéis com isolamento acústico em perlita.



Fonte: PI, 2020¹⁰.

Esta aplicação de perlita não foi encontrada em buscas realizadas junto a empresas brasileiras do segmento “*dry wall*”, com manifestação de unicamente utilizarem-se de vermiculita como matéria prima. Não houve interesse na utilização de um outro componente em função de custo, o que no futuro poderá ser melhor estudado.

2.2.5 Aplicações da perlita como adsorção de líquidos

A estrutura da perlita mais uma vez, segundo a informação do assunto no PI, favorece sua aplicação industrial em derramamentos para controle e limpeza. Isto facilita a eliminação da substância que tenha sido derramada, principalmente nas situações com resíduos tóxicos líquidos. A perlita pode adsorver até 8 vezes o seu peso seco em líquidos como a água, segundo o PI. A Figura 21 foi extraída de um documento do PI, em que foi administrado perlita a um resíduo líquido.

¹⁰Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/07/perlite-for-formed-products.pdf>> Acesso em: 06 set. 2020.

Figura 6 - Adsorção por perlita de resíduo líquido.



(a) - aplicação da perlita no líquido; (b) - mistura de perlita e resíduo; (c) - aparência depois da aplicação.

Fonte: PI, 2020¹¹.

Segundo as informações do PI, esta aplicação exige uma perlita necessariamente com densidade variável de 80 a 320 kg/m³ para ser utilizada, o que inviabiliza a utilização da perlita criogênica.

2.2.6 Aplicações da perlita como estrutura em filtros

Segundo a literatura do PI, fica claro que:

Os filtros desenvolvidos com perlita são leves e inertes, o que não confere sabor ou odor aos líquidos filtrados e são insolúveis em ácidos minerais e orgânicos em todas as temperaturas. Ele é ideal para ser empregado como um filtro auxiliar em soluções alcalinas fortes que devido a sua solubilidade possuem a característica de possuir uma variação que depende da temperatura e do tempo de contato, o que poderia levar a um bloqueio nas superfícies de filtragem por acúmulo de partículas sólidas no líquido. Os auxiliares de filtro de perlita de alta qualidade formam uma camada porosa no elemento de filtro (ou septo) e prendem os sólidos. Este tipo de filtragem é mecânica e remove partículas sólidas de um filtrado líquido (PI, 2012).

¹¹Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/sludge-absorbent-perlite-v4.pdf>> Acesso em: 06 set. 2020.

A aplicação destes tipos de filtro em perlita são muito utilizados em fábricas de bebidas para conseguir medidas na clareza dos produtos, que leva em consideração uma seleção do tipo, grau e quantidades específicas do auxiliar de filtro com o tamanho de partícula e distribuição corretos como fatores a serem considerados em conjunto com a vazão para atender aos volumes de produção de uma planta. A Figura 22 representa a característica da clareza de uma bebida em que um auxiliar de filtro em perlita é utilizado.

Figura 7 - Medida de clareza de bebida.



Fonte: FERBAGROUP, 2017¹².

2.2.7 Aplicações da perlita em concretagem de poços

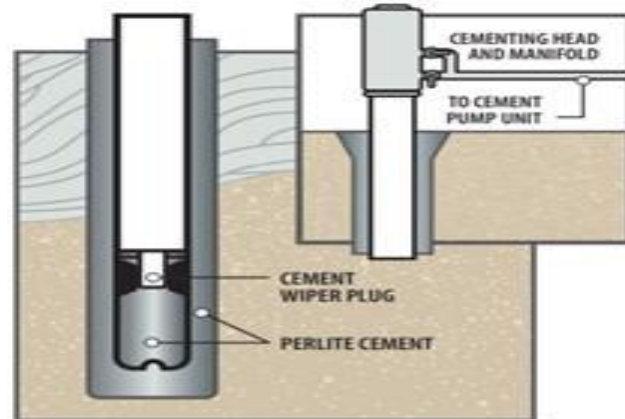
No material de leitura sobre o assunto no PI, está informado que na perfuração de poços de petróleo, gás, água e geotérmicos é utilizado uma lama lubrificante composta por água, argila e outros materiais que possam facilitar a perfuração. Segundo PI, fica claro que:

Esta lama lubrificante é forçada para fora conforme o processo de perfuração está em andamento com o espaço entre o poço e o revestimento sendo cimentado para evitar a entrada de líquidos e outros contaminantes no poço. Na atividade existe uma perda do cimento por exposição ao calor gerado, um composto de cimento com a perlita (cimento perlítico), não é afetado e pouco material é perdido na cimentação (PI, 2016).

¹²Disponível em: <<http://www.ferbagroup.com/products/>> Acesso em: 06 set. 2020.

Assim foi extraído a Figura 23 do texto, para representação do cimento perlítico empregado em um poço.

Figura 8 - Concretagem de poço com cimento perlítico.



Fonte: PI Library, 2016¹³.

2.2.8 Aplicações da perlita em abrasivos em indústrias têxteis

A literatura existente no PI, mostra que a perlita tem sua utilização em processos abrasivos em indústrias têxteis para dar uma aparência desgastada e acabada em todo o tecido jeans com a redução no uso de enzimas que atacam quimicamente as suas fibras. Segundo as informações obtidas, uma característica interessante é que existe uma diversidade de densidades de perlita que realizam o desgaste no jeans. Na Figura 24, está mostrado uma peça de jeans estonada.

Figura 9 - Peça de jeans estonada.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

¹³Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2020/07/Well-cement-perlite.pdf>> Acesso em: 10 Set. 2019.

Um resumo das aplicações de perlita e sua relação com o que é utilizado no Brasil, se encontra representado na Figura 25.

Figura 10 - Aplicações com perlita no mundo e no Brasil



Legenda: Na cor verde estão apresentados os processos no Brasil.

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

2.3 Definição do critério pela empresa geradora para utilização da perlita

A empresa criogênica definiu critérios de segurança, baseados em consequências negativas advindas de uma cessão gratuita da perlita sem uma análise prévia. Os cenários negativos obtidos puderam ser relacionados a passíveis ambientais e contaminações por contato de terceiros com o material sem uma garantia concreta do seu estado inerte. Desta maneira, para uma garantia de que estas situações não ocorram na cessão da perlita para outra(s) empresa(s), houve o estabelecimento de que:

- 1) deveria ser garantido obrigatoriamente as características inertes da perlita expandida, como condição essencial para a sua cessão gratuita mediante sua comprovação laboratorial;

- 2) obrigatoriamente a sua cessão fica condicionada a utilizações que não envolvam o contato bruto da perlita com humanos (alimentação, filtragem, etc.);
- 3) a densidade e umidade da perlita expandida devem ser levadas em consideração para o sucesso da aplicação escolhida, sob risco de problemas.

Nesta pesquisa até o momento, partiu-se da hipótese que a perlita mantém suas características inertes mesmo sendo retirada dos equipamentos criogênicos.

A primeira condição deverá ser realizada independente do que venha a ser definido como uma aplicação técnica viável para garantir que não haja nocividade na perlita descartada.

As duas últimas, são elementos que definem os limites de contorno que envolvem a condição do material e o seu contato com humanos. Estas, deverão estar relacionadas com as aplicações da perlita existentes no Brasil, e as características específicas da perlita descartada.

Assim, foi realizada a Figura 26, com o objetivo de encontrar uma aplicação viável relacionando estas informações, para um direcionamento da pesquisa.

Figura 11 - Análise de características e critérios do aproveitamento da perlita.

Aproveitamento no Brasil	Aplicação sem contato humano	Densidade e umidade da Perlita com a característica deste aproveitamento
Adsorção química	Não permitido pela empresa criogênica	Não aplicável
Filtragem líquidos	Não permitido pela empresa criogênica	Não aplicável
Horticultura	Não permitido pela empresa criogênica	Não aplicável
Construção civil	Permitido	Não aplicável
Abrasivos	Permitido	Possível tecnicamente porque emprega diversas densidades de perlita.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações do trabalho, 2020.

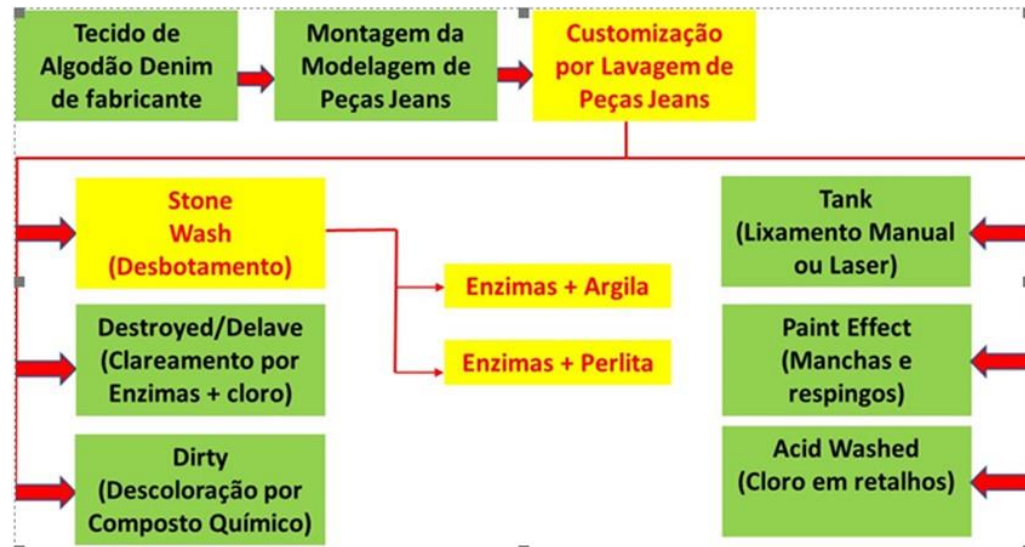
2.4 Avaliação da capacidade de aproveitamento da perlita

A pesquisa determinou que, uma aplicação utilizada com abrasivos no Brasil é a desenvolvida na indústria têxtil na confecção do jeans, e realizou contatos para maiores informações desta utilização. Nos contatos realizados, pode ser entendido o processo de estonagem, que tem como função realizar o efeito desbotado no jeans através de ação mecânica na lavagem do jeans. Esta ação mecânica, apurou-se, é desenvolvida por qualquer um dos seguintes elementos: enzimas, argila, pedrapomes ou perlita expandida, colocados na máquina de lavar.

Nestas mesmas informações apuradas, foi possível entender que as lavanderias habitualmente não utilizam a perlita nestas lavagens. O motivo estaria no seu alto valor comercial, em torno de três reais e dez centavos (R\$ 3,10) o quilo, podendo este valor aumentar em razão do dólar. Segundo estas informações preliminares, se utilizado a perlita no processo de estonagem de jeans, ocorrerá um impacto positivo ao meio ambiente devido a sua característica inerte e possivelmente no custo final das peças lavadas. Estas informações foram obtidas, sem apresentação de evidências comprobatórias.

O elemento geralmente utilizado na estonagem é a argila, que segundo informações, ocasiona corrosão nos cestos de aço inox das máquinas e desgastes maiores no tecido pelo efeito áspero das pedras. Outras questões negativas apontadas, dizem respeito ao entupimento na saída de água no dreno, contaminação do jeans pelas pedras e o resíduo gerado após um número pequeno de lavagens. Este resíduo, conforme informações, tem aparência de lama e leva a enormes dificuldades em sua coleta e posterior destinação. A Figura 27, resume os processos existentes na confecção do jeans, onde se destaca a estonagem.

Figura 12 - Processos de estonagem do jeans.



Fonte: Choudhury, 2017.

Uma das condições colocadas nesta pesquisa, foi a capacidade financeira e logística de manutenção do recebimento da perlita pelo segmento industrial interessado. Isto se deve, as condições logísticas necessárias de armazenamento ou utilização do grande volume de perlita representado pela retirada do material dos equipamentos. Assim como, nas suas consequências imediatas de empenho financeiro em quaisquer obrigações que forem necessárias em futuras negociações. Desta maneira, houve o recebimento por mensagem eletrônica de informações do Instituto de Estudos e Marketing Industrial (IEMI) sobre a real situação da indústria do jeans no Brasil. A compreensão da situação atual da indústria do jeans pode ser realizada, mediante a observação da Figura 28.

Figura 28 - Mercado brasileiro do jeans.

Mercado de Jeans no Brasil	2015	2016	2017	2018	2019
Nº Confeccões	5.973	5.820	5.981	5.611	5.505
Mão de obra empregada	307.456	301.337	304.917	300.887	299.394
Valor da produção (em R\$1.000)	11.280.826	11.824.649	13.357.086	13.826.553	14.438.192

Fonte: IEMI - Instituto de Estudos e Marketing Industrial, 2020.

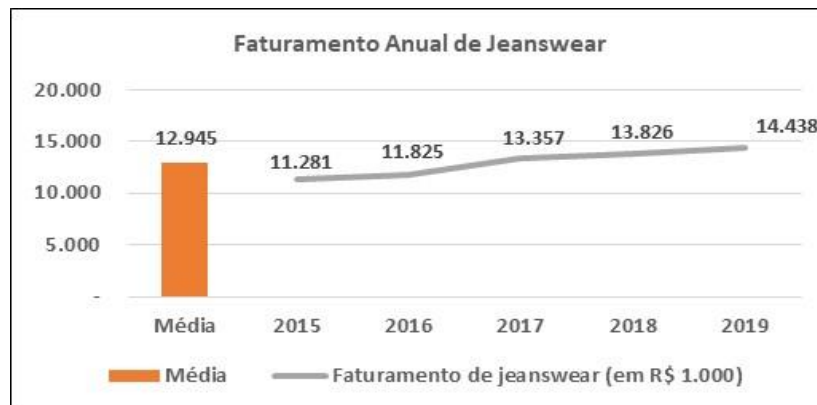
Os valores apresentados na Figura 28, demonstram que a indústria de jeans se encontra com crescimento de vendas. Segundo, Sabino:

A palavra jeans é uma corruptela do francês “serje de Geneve”, referindo-se à italiana Gênova, cidade portuária onde os marinheiros usavam calças confeccionadas com

uma sarja resistente procedente da cidade francesa de Nimes. A palavra jeans referindo-se às calças de brim índigo blue, só começou a ser utilizada a partir dos anos 40 pelos jovens americanos. Antes, tal tipo de 123 calças era chamado waist overalls nos Estados Unidos. No Brasil, eram chamadas calças rancheiras ou calças americanas far-west ou faroeste. Nos dicionários americanos pesquisados, publicados antes dos anos 60, a palavra “Jean” aparece como “algodão resistente usado na confecção de macacões” e, nas edições dos anos 60, a palavra já aparece com “s”, jeans, referindo-se a “calças confeccionadas com sarja de algodão resistente”. Em 1947, no entanto, o catálogo de vendas da americana Sears, Roebuck and Co já oferecia Blue Jeans com modelagem especial para mulheres e calças em índigo blue, em estilo caubói, para adolescentes e rapazes (SABINO apud. MAHLMEISTER, 2007, p.122 - 123).

Assim fica claro que, a indústria do jeans ao longo de sua história migrou de um produto vendido bruto na cor azul marinho enrijecido por goma e amaciado ao longo do tempo pelas lavagens realizadas pelo cliente que o adquiria, para um outro produto personalizado com maciez e desgaste para todos os gostos possíveis. Nos contatos realizados, houve a informação de que mercado é dividido entre fabricantes do tecido, confecções que realizam a sua montagem e uma nova “indústria” de lavanderias que desenvolvem inúmeros processos de desgastes no acabamento das peças de jeans. Isto envolve, processos físico químicos com cloro, alvejantes, enzimas, calor, pedras, etc. na finalização com novas formas, textura e cor. O tamanho da indústria pode ser medido pelo valor do faturamento na Figura 29.

Figura 29 - Faturamento da Indústria do Jeans.



Fonte: IEMI - Instituto de Estudos e Marketing Industrial, 2020.

Esta indústria atualmente é muito questionada, porque estes mecanismos de personalização ao mesmo tempo que desenvolvem uma grande diferenciação no produto, ocasionam impactos nos recursos naturais. Estes impactos se encontram nos efluentes gerados com produtos químicos, consumo elevado de água e energia elétrica. No caso da água, a confecção de uma calça jeans resulta no consumo em torno de 498 litros em um recente estudo realizado na metodologia global Water Footprint Network (Água, 2019). Este estudo foi realizado pela organização do terceiro

setor: Iniciativa Verde com apoio das informações obtidas junto a empresa Vicunha Têxtil.

O desafio atual do setor têxtil é a prática do “ecodesign” nos seus processos de trabalho, onde os seus impactos ambientais devem ser considerados ao longo do seu ciclo de vida, seja no consumo de materiais, água, energia elétrica e na geração de efluentes. Isto significa uma abordagem de criação dos produtos com mais sustentabilidade, em que o seu desenvolvimento leve em consideração os fatores de redução na utilização de matérias-primas e de custos de produção, sua utilização, durabilidade e desempenho, potencial de reciclagem ou sua reutilização e caso contrário o seu descarte adequado (MANZINI & VEZZOLI, 2005).

Resumindo o mercado de jeans é um setor com redução no número de confecções, alta empregabilidade e elevado faturamento. Isto justifica que, o segmento têxtil possua capital para investir em melhorias de seus processos de trabalho, em um momento que se discute o impacto da sua atividade ao meio ambiente.

2.5 Caracterização da inexistência de contaminantes na perlita

A perlita expandida foi analisada com emissão de um laudo técnico, a partir da contratação pela empresa criogênica da NAVI Instalações e Tratamento de Água e Esgoto Ltda que terceirizou a medida junto a empresa Haztec Soluções Ambientais com acreditação INMETRO e em conformidade com a ISO/IEC 17025, NBR10004:2012 e a coleta da amostra foi realizada no seu processo de descarte. Esta amostra obteve um resultado conclusivo na data de 22/06/2017, em que se obteve uma classificação de “Resíduo Inerte – Classe II A”. Desta maneira, a perlita foi confirmada como um resíduo inerte, sem contaminantes, pode ser utilizada em outras aplicações. O laudo completo se encontra no Anexo A.

A caracterização da ausência de contaminantes é um fator fundamental para viabilidade de reutilização ou reciclagem, e outros fatores práticos também deverão ser observados na operação de manutenção das plantas criogênicas. Em entrevistas realizadas na empresa do estudo de caso com os profissionais do setor de engenharia

e operador que realiza a expansão da perlita no ano de 2017, obteve-se as informações de:

a) ressuprimento do volume de perlita durante manutenção da planta criogênica:

- o ressuprimento do minério de perlita para ser expandido e ser empregado na reposição contempla o volume de uma planta e meia por ocorrer uma redução em torno de 40 % no seu volume. Em uma das entrevistas, obteve-se a informação de que o valor da aquisição da perlita expandida no mercado é quase cinco vezes maior do que realizar a sua expansão a partir do minério.

b) relação aproximada entre peso do minério e perlita expandida:

- em outra entrevista realizada, houve a informação de que na prática, os equipamentos da única empresa do grupo que expande a perlita, conseguir uma transformação de 80 kg de minério em um volume médio aproximado de 1 m³ de perlita expandida com densidade variável entre 40 a 65 kg/m³. A meta de produção é o atingimento da densidade de 65 kg/m³.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Introdução aos procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos realizados neste trabalho de investigação serão apresentados neste capítulo da dissertação. Desta maneira, descreve-se sobre o tipo de pesquisa realizada no trabalho e as suas consequências. A proposta do trabalho de um aproveitamento da perlita criogênica, destinada em geral aos aterros sanitários, foi desenvolvida de natureza qualitativa, a partir do problema ambiental representado na essência pelo descarte. Para tanto, a sua elaboração levou em consideração uma pesquisa bibliográfica sobre a perlita, onde entre suas fontes principais se destacou foi o *Perlite Institute* (PI), entidade concentradora da maioria de artigos técnicos sobre o assunto.

Uma das principais ferramentas utilizadas neste trabalho, foi a pesquisa bibliográfica exploratória da literatura acadêmica, existente sobre a perlita, onde artigos, dissertações e teses publicadas com divulgação eletrônica foram organizadas com recurso do software Mendeley, o que foi essencial para uma visão abrangente do assunto e suas lacunas. Na busca utilizou-se uma combinação de palavras-chave ou termos, que está apresentado na Figura 30.

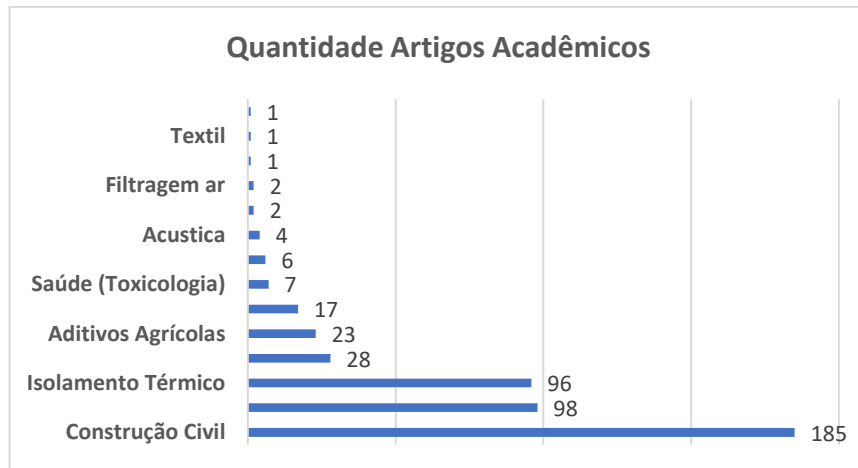
Figura 13 - Termos utilizados na pesquisa exploratória

Termos utilizados na pesquisa exploratória realizada
perlite
perlita
perlita expandida
expanded perlite
Isolamento térmico
thermal insulation

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

O critério para o material ser selecionado foi o seu título e a leitura do seu resumo, para uma posterior verificação da sua natureza técnica ser identificada com ao tema do trabalho. Assim, os textos que não tinham qualquer relação foram excluídos e obteve-se um total de 471 artigos. A Figura 31, está resumindo os resultados encontrados por temas identificados.

Figura 14 - Quantidade de Artigos Acadêmicos.



Fonte: Matriz de Revisão Bibliográfica utilizando software Mendeley, 2020.

Além disto, a revisão literária em alguns momentos, utilizou também livros que estão identificados ao final do trabalho. Após esta pesquisa ficou identificado o escopo final do trabalho, a partir do quadro de que a perlita expandida que era destinada ao aterro pelas indústrias de gases do ar, deverá ser avaliada o seu aproveitamento em reutilização e/ou reciclagem no processo de estonagem de jeans do setor têxtil. Deverá ser realizado um diagnóstico das ações necessárias para o aproveitamento da matéria no destino final que são as lavanderias industriais do setor têxtil. Lembrando que, desde o princípio a pesquisa formula a hipótese que esta matéria prima mantém suas características inertes na sua composição quando é descartada pela indústria de gases do ar.

A pesquisa de campo, envolveu o estudo de caso em uma das maiores empresas de gases do ar e as suas plantas industriais, com a demonstração aos participantes da viabilidade na sua aplicação no setor têxtil e o desenvolvimento necessário de estudos para realização de ações nas manutenções que garantam a continuidade no fornecimento da matéria a esta nova destinação e inviabilizem seu encaminhamento aos aterros sanitários. A Figura 32, representa os procedimentos metodológicos utilizados para o estudo de caso em função dos objetivos específicos.

Figura 15 - Metodologia a ser realizada para cada objetivo específico.

Objetivo Específico	Metodologia	Procedimentos
Analisar as características da composição da perlita expandida retirada das plantas industriais para verificar se há existência de contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem Quantitativa; • Pesquisa de campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise química quantitativa.
<p>Buscar empresas interessadas na reciclagem e/ou reutilização da perlita expandida após a manutenção nas plantas criogênicas que atendam critérios técnicos a serem definidos na parceria.</p> <p>Propor uma programação as plantas criogênicas interessadas, de envio da perlita expandida para as empresas que atenderam os critérios técnicos para a parceria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem Qualitativa; • Pesquisa de campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas; • Determinação de documentos a serem fornecidos pelas empresas interessadas; • Determinação às empresas do que minimamente serão obrigadas a participar economicamente na transferência da perlita; • Desenvolver os descartes de perlita expandida das plantas criogênicas e observar desvios para determinar melhorias na gestão.
Revisão teórica, abordagem qualitativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão bibliográfica 	

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Desta maneira, a trajetória metodológica envolve basicamente:

- a) avaliar laboratorialmente com referenciais teóricos a existência de contaminantes na perlita criogênica descartada para conclusivamente entender o seu aproveitamento em uma modelagem de negócio de descarte da perlita;
- b) realizar uma modelagem dos critérios envolvidos no negócio do descarte da perlita expandida, levando em consideração as suas variáveis de: atividades envolvidas na retirada da perlita expandida, documentações legais necessários dos parceiros e geradores,

responsabilidades operacionais, logísticas e econômicas a serem divididas entre plantas e empresas interessadas, para sua reutilização e/ou reciclagem em lavanderias industriais com resultados e pontos de melhorias;

c) realizar busca de parcerias para o aproveitamento da perlita expandida pelo setor têxtil na modelagem do negócio de descarte realizado e que viabilize sua manutenção contínua.

4 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DA PERLITA

A teoria dos sistemas formulada pelo biólogo alemão Ludwing Von Bertanffy, definiu que: "Um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação". O que de fato, este estudo de caso representa. Um complexo de elementos que precisam estar todos em interação, trabalhando juntos para alcançar um objetivo comum. Segundo Deming (1997, p.41):

[...] um sistema é uma rede de componentes interdependentes que trabalham em conjunto para tentar realizar o objetivo do sistema. Um sistema deve ter um objetivo. O objetivo do sistema deve ser claro para qualquer pessoa que se encontra no sistema e incluir planos futuros.

Ainda, segundo Deming (1997, p.41): "quanto maior a interdependência entre os componentes, maior será a necessidade de comunicação e cooperação entre eles". O objetivo claro, em nosso estudo de caso é o aproveitamento da perlita criogênica, que não pode e não deve ser somente do elemento que propôs o trabalho. Mas o somatório dos esforços de todos os envolvidos com esta matéria. Isto impõe que a sua continuidade somente será alcançada, se for desenvolvido o primeiro dos quatorze princípios de Deming (1990, p.23-24) em seu célebre trabalho: "Princípios Operacionais para o Aperfeiçoamento Contínuo da Qualidade e Produtividade". Este princípio pode ser resumido como uma declaração de constância de propósito, ou seja, o objetivo do sistema, a ênfase na finalidade, que no estudo de caso é o meio ambiente.

Um objetivo proposto em toda organização é a de que todos devem ganhar no longo prazo: donos, colaboradores, comunidade, clientes, fornecedores e o meio ambiente. Deming (1997, p.42), assegura que:

O objetivo proposto aqui para qualquer organização é que todos saiam ganhando – acionistas, funcionários, fornecedores, clientes, comunidade e o meio ambiente – no longo prazo. Por exemplo, no que diz respeito aos funcionários, o objetivo pode ser oferecer-lhes uma boa administração, oportunidades de treinamento e educação para um crescimento maior, e ainda outras contribuições para terem alegria no trabalho e uma boa qualidade de vida

O trabalho da perlita é um destes sistemas que tem um objetivo, que deve estar claro para todos os envolvidos: a necessidade da sua continuidade para o bem do meio ambiente. Todos têm que estar firmes no propósito e conhecerem as inter relações entre os componentes deste trabalho de perlita, para uma gestão adequada

que mantenha o aproveitamento da matéria e garanta o contínuo conhecimento da importância de cada um no resultado.

O estudo de caso na empresa de gases do ar foi desenvolvido e conduzido pelo autor, a partir das definições elaboradas pela pesquisa:

4.1 Atividades envolvidas no descarte da perlita

Nesta etapa há necessidade do entendimento de quais são as variáveis existentes na manutenção de uma planta criogênica, com a retirada e descarte da sua perlita. Como anteriormente comentado, a perlita não é tóxica, mas em razão da sua natureza e quantidade nas plantas criogênicas, uma manutenção com descarte determinam atividades que envolvem manuseio, procedimentos e equipamentos de proteção devidamente utilizados pelos trabalhadores. Uma vez mais, lembrando as características da perlita de ser um pó leve, na sua retirada poderão ocorrer situações de asfixia (se inalado) com o pessoal envolvido que não esteja utilizando os equipamentos de proteção. Além disto, na perda total do controle da atividade de manutenção em situações de erupção de perlita poderão ocorrer submersão ou engolfamento de trabalhadores. Na erupção de perlita, há um deslocamento rápido e descontrolado do material dentro do espaço de isolamento que leva ao seu lançamento violento por uma boca de visita aberta. Segundo a European Industrial Gases Association (EIGA) em seu documento de Gerenciamento de Perlita (EIGA N°146/18, 2018, p.3), a erupção tem como causa a rápida vaporização do líquido criogênico acumulado na perlita que repentinamente é aquecido, movido ou fisicamente perturbado. As ocorrências na França e Índia, relatadas nesta pesquisa, evidenciam a gravidade de acidentes de trabalho, danos a propriedade ou impactos ao meio ambiente que poderão estar limitados ao perímetro ou fora da instalação de uma planta criogênica.

Nesta mesma norma de EIGA (EIGA N°146/18, 2018, p.4), está mencionado a característica de abrasividade da perlita:

Perlita é abrasiva. Quando arrastada em um jato de gás, a perlita pode cortar tubos de metal e equipamentos, danificando o equipamento e permitindo que entre no processo. As causas são vazamentos no processo ou uma tubulação danificada ou quebrada dentro do invólucro criogênico (EIGA, 2018).

Os requisitos de segurança estabelecidos pela EIGA (EIGA N°146/18, 2018) e as normas regulamentadoras da Portaria N° 3.214 publicada em 08/06/1978, devem ser observados na atividade de manutenção e retirada da perlita, de forma rigorosa e com atenção nos seguintes pontos:

- 1) pessoal treinado e experiente no trabalho com perlita (EIGA N°146/18, 2018, p.2):
 - o pessoal de operação e manutenção com aptidão médica para atividade, devem conhecer os passos envolvidos na sequência operacional do trabalho, métodos seguros de manuseio da perlita, utilização dos equipamentos de proteção individual e os procedimentos operacionais e médicos de situações de emergência;
- 2) utilização dos equipamentos de proteção individual (Brasil, 1978):
 - emprego mínimo da vestimenta de segurança do tipo macacão com capuz no material tyvek, luvas do tipo vaqueta, protetor auditivo, respirador do tipo p1, óculos de proteção do tipo ampla visão, capacete de segurança com jugular. Se o trabalho estiver sendo realizado em altura será obrigatório, o cinto e talabarte de segurança. Nas situações excepcionais com exposição a perlita em alta concentração como nos acidentes ambientais, será utilizado máscara facial completa com cartuchos ou máscara autônoma de ar;
- 3) realização de uma análise de risco do trabalho (Brasil, 1978):
 - o trabalho como envolve muitos perigos potenciais como intoxicação, engolfamento, suspensão e movimentação de cargas, trabalho elevado (maioria dos casos) e espaços confinados, precisa realizar uma análise preliminar de perigos (apr) e uma autorização de trabalho denominada permissão de trabalho (pt);
- 4) eliminação de riscos ambientais na entrada em vasos criogênicos (EIGA N°146/18, 2018, p.3):
 - o trabalho de entrada em uma área interna de um vaso criogênico, novamente levará a uma análise de risco como no item anterior, mas deverá ser levado em consideração as seguintes situações potenciais:
 - i. deficiência de oxigênio potencialmente pela purga de nitrogênio residual ou condensação de oxigênio contra superfícies frias no

- local. Isto exige monitoramento do ar no local e troca de ar com utilização de exaustor de ar para acesso do pessoal;
- ii.enriquecimento de oxigênio se houver ocorrência de vazamento de líquido enriquecido com oxigênio ou oxigênio líquido ou resultado da vaporização de ar condensado formado contra superfícies frias, o que exige medidas semelhantes ao item anterior ;
 - iii.queimadura por contato do pessoal com superfícies frias se não for utilizada a proteção pessoal anteriormente comentada;
 - iv.quedas de gelo ou de blocos de perlita contra o pessoal, causada por congelamento da umidade atmosférica dentro local, isto determina ser observado o local antes de sua entrada;
 - v.perigo de erupção causada por líquido criogênico acumulado na perlita que pode vaporizar em períodos posteriores após o aquecimento do equipamento;
 - vi.risco de queda do pessoal por uma remoção precária da perlita no piso.
- 5) inspeções e precauções na operação com a perlita (EIGA N°146/18, 2018, p.3-4):
- o trabalho exige contínuo monitoramento nas suas condições de ambiente porque variações em quaisquer uma das situações abaixo, poderão ocasionar situações fora de controle operacional inclusive com impacto no nível de perlita:
 - i.monitoramento atmosférico periódico para verificar se o gás utilizado na purga está presente no ambiente e se também existem quaisquer outros gases de processo;
 - ii.verificação periódica da pressão existente no espaço anular em relação aos valores de projeto porque em situações de pressão baixa podem ser ocasionadas por uma purga inadequada ou em pressões elevadas podem indicar vazamentos;
 - iii.verificar se existe a formação de gelo o que pode indicar um vazamento, entrada de ar ambiente ou água, vedação ou purga ou manutenção inadequada, isolamento insuficiente ou instalado incorretamente ou de baixa qualidade;

iv.verificação de vazamentos de gases do processo como em tubulações danificadas que poderão ocasionar o arraste da perlita levando a dano no equipamento por sua natureza abrasiva.

6) medidas pré operacionais para retirada da perlita:

- algumas medidas precisam ser realizadas para segurança no processo:

- i.diminuição no número de pessoal na área de trabalho, com a colocação de um isolamento e fixação de sinalização de advertência para evitar aproximação de pessoas desavisadas;
- ii.desligamento do processo criogênico;
- iii.drenagem de todos os líquidos criogênicos do equipamento de processo e da tubulação;
- iv.aquecimento do equipamento de processo e a tubulação até uma temperatura de trabalho segura;
- v.despressurização do equipamento até uma leve pressão positiva para evitar a entrada da perlita em situação de vazamento o que permitirá um acesso seguro para o pessoal que por ventura adentre o seu espaço;
- vi.interrupção do fluxo de gás da purga para o local aonde ocorrerá trabalho mediante um flange cego ou pelo chamado carretel em que há retirada de um segmento da tubulação;
- vii.verificação da pressão no espaço anular e a composição atmosférica se possível em diferentes níveis de altura no equipamento;
- viii.abrir um ponto de visita em uma localidade superior antes de remover a perlita para prevenir o seu colapso por errupção em uma situação de vácuo durante a sua remoção.

7) medidas a serem realizadas durante a retirada da perlita (EIGA N°146/18, 2018, p.5-6):

- na retirada da perlita existe a necessidade de outras medidas com o objetivo da segurança no processo:

- i.realizar um monitoramento de gases como oxigênio e/ou gases inflamáveis no espaço de trabalho e se observado uma alta

concentração for detectado a visita deve ser fechada e uma purga ser novamente realizada até o atingimento dos parâmetros;

ii. realizar a remoção da perlita a partir do topo do vaso criogênico e prossiga para direção abaixo;

iii. realizar monitoramento contínuo da pressão interna anular ao nível de onde está sendo retirada a perlita por meio de um manômetro poderá identificar aumento na sua pressão e potenciais falhas no equipamento e nas linhas de processo que potencialmente significarão uma liberação iminente de errupção, logo isto poderá ser empregado para imediatamente interromper a operação;

iv. realizar o acondicionamento da perlita em “big bags” que representam o meio mais adequado de ser coletado, armazenado, transportado, ou seja manuseado de maneira adequada para evitar acidentes e contaminações diversas.

8) medidas a serem realizadas para retirada da perlita residual (EIGA N°146/18, 2018, p.6):

- na retirada da maior parte da perlita ainda persistirá um pequeno percentual do material que poderá ser removido por escovação, limpeza com pá ou mesmo água e em algumas vezes poderão até existir pedaços de gelo cuja eliminação poderá envolver um processo de descongelamento ou vapor de forma criteriosa, dependendo da situação.

9) armazenamento da perlita retirada:

- os “big bags” deverão estar bem fechados, colocados preferencialmente em local coberto com lonas como forma de manutenção das suas características. na movimentação serão utilizados caminhão do tipo munck e empilhadeira que deverão ser contratados junto a uma empresa terceira, assim como o seu operador e ajudante, e nesta operação deverá ocorrer um acompanhamento de um representante da empresa geradora do resíduo para garantia do acondicionamento e organização dos “big bags” no local de armazenamento.

10) destinação da perlita retirada:

- nesta etapa será contratado um aterro sanitário para recebimento do material, veículos do tipo carga lonados ou porta paletes na dimensão do volume de “big bags” descartados, nova movimentação empregando caminhão munck e empilhadeira contratados junto a uma empresa terceira com operador e ajudante.

A segurança do processo de retirada envolve os pontos acima numerados de 1 a 8, e neste caso a empresa do estudo de caso definiu que profissionais próprios as realizassem com uma duração do trabalho em torno de 5 dias. A razão desta definição, são as consequências advindas do erro operacional, pois sua ocorrência poderá ser desde um acidente grave até um evento ambiental sério, onde ambas as situações acarretarão um comprometimento da sua imagem. Desta maneira, o armazenamento e a destinação final da perlita são etapas que precisam ser melhor observadas com variáveis que influenciarão no reaproveitamento da perlita criogênica. Houve o levantamento destas variáveis envolvidas nestas etapas do descarte de numeração 9 e 10, e que anteriormente nesta pesquisa já haviam sido mencionadas, está resumido na Figura 33.

Figura 16 - Variáveis no descarte da perlita.



Fonte: Elaborado pelo autor por conhecimento do processo, 2020.

4.2 Critérios para recebimento da perlita criogênica

Uma das primeiras questões a serem abordadas para o recebimento da perlita criogênica, é a definição das obrigações legais a serem atendidas pelas empresas interessadas no recebimento da perlita. Estas, precisarão fornecer as seguintes documentações:

- a) licença operacional de instalação;

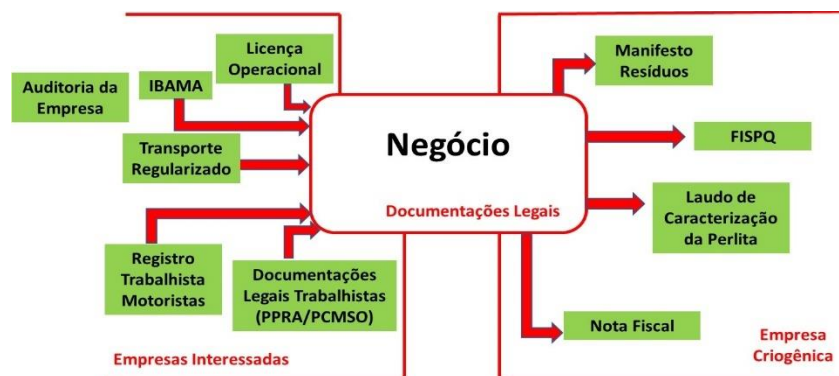
- b) licença de transporte de resíduos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA);
- c) documentação regularizada do veículo;
- d) registro trabalhista dos motoristas;
- e) documentações trabalhistas do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e do Programa de Controle de Medicina e Saúde Ocupacional (PCMSO);
- f) licenças ambientais adicionais se for o caso (estaduais, municipais).

O atendimento aos requisitos legais pelas empresas interessadas no recebimento da perlita criogênica, também define uma contrapartida na emissão e no fornecimento de documentos pela empresa geradora do resíduo para ser utilizado no transporte da matéria à sede destas empresas:

- a) manifesto de resíduos;
- b) nota fiscal de saída do material;
- c) ficha de informações de segurança de produtos químicos da perlita e seu laudo de caracterização.

Assim, o que minimamente deve ser atendido no aspecto legal, está resumido na Figura 34.

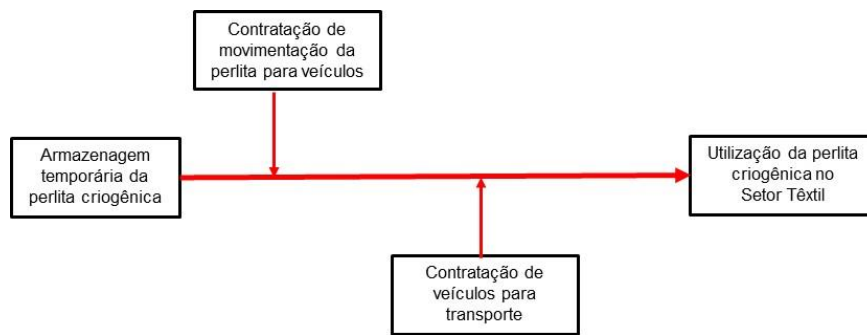
Figura 17 - Documentações legais para trabalho com a perlita.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Uma outra questão que impõe ser definida, está na divisão de responsabilidades operacionais, logísticas e econômicas entre plantas e empresas interessadas na sua reutilização e/ou reciclagem em lavanderias industriais. A partir do entendimento de que a perlita criogênica não mais será destinada para aterros sanitários, restarão as seguintes variáveis no descarte que se encontram representadas na Figura 35.

Figura 185 - Variáveis envolvidas no descarte sem destinação para aterro.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

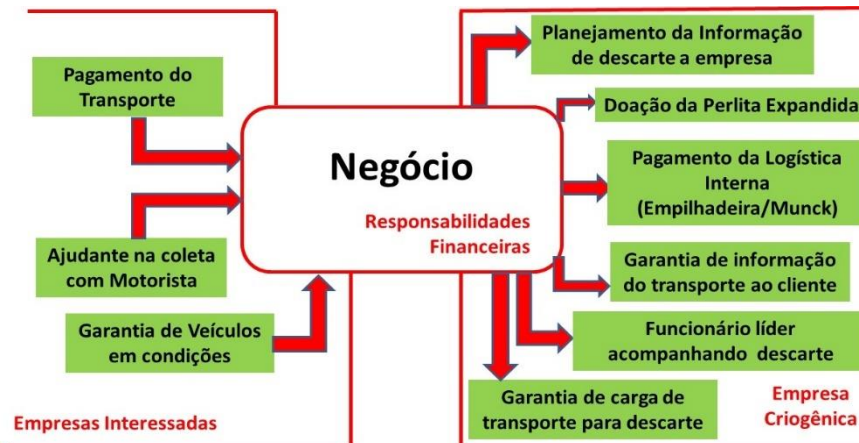
Assim, as despesas envolvidas nesta nova modelagem devem ser administradas entre as partes envolvidas, para que sejam divididas de maneira equilibrada e ocorra a sua sustentabilidade ao longo do tempo com todos entendendo se tratar de uma vantagem a operação de descarte.

Analisando que a perlita criogênica retirada dos tanques criogênicos tem um valor comercial alto, houve uma decisão fundamental da empresa de gases do ar de não vender o produto e permitir a sua cessão para aproveitamento dos parceiros em outro segmento industrial. As atividades de movimentação internas também realizadas em sua área por meio de sua contratação também permaneceram como de sua responsabilidade e quanto aos veículos envolvidos no transporte estariam na responsabilidade das empresas parceiras que receberiam a perlita criogênica.

Estes parceiros recebendo a perlita criogênica a custo zero, teriam como única exigência a contratação de veículos para retirada do material das plantas industriais às suas sedes.

Esta divisão de responsabilidades, incorporam medidas administrativas adicionais que deverão ser realizadas pelas plantas industriais que desejarem realizar a sua destinação têxtil, em que destacamos a logística interna de movimentação, volume mínimo relativo ao volume de um veículo e comunicação da retirada da perlita para a viabilidade de atendimento aos parceiros. Na figura 36, se encontram os requisitos com divisão das responsabilidades envolvidos no descarte.

Figura 19 - Modelagem do negócio de descarte da perlita.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

4.3 Identificação de parceiros para trabalho com perlita

Nesta etapa ocorreu uma enorme pesquisa pelo autor, sobre o mercado que fornece perlita ao segmento têxtil para esclarecimento da maneira de seu funcionamento comercial, que empresas realizam estas transações comerciais e se de alguma maneira poderiam operar com a perlita criogênica em suas operações. Desta maneira, foi realizada uma pesquisa de campo que por meio de entrevistas com confecções de jeans na cidade do Rio de Janeiro, nos levou a entender a mecânica do funcionamento do mercado de perlita para esta indústria.

Inicialmente, deve ser entendido que a indústria do jeans, opera com a terceirização do serviço de estonagem em lavanderias industriais que posteriormente devolvem estas peças no padrão contratado à confecção contratante. Este padrão em alguns casos é definido pela confecção, que apresenta peças com a qualidade desejada de estonagem empregando expressamente o recurso técnico que ela prescreve, se por exemplo deverá ser utilizado no processo pedras de cinasita ou perlita. Assim, o padrão deverá ser repetido em todas as peças contratadas com valor pago por cada uma entregue, caso contrário em algumas contratações poderá existir até uma multa a ser aplicada por cada uma peça diferente do padrão estabelecido.

O processo de estonagem pertence a uma das técnicas de lavagens de peças de jeans que agregam novas formas, texturas e cores com objetivo do envelhecimento

e desbotamento desenvolvendo um vestuário customizado e exclusivo para a indústria da moda. A Figura 37, mostra uma propaganda afixada em uma loja em um shopping center no Rio de Janeiro sobre produtos disponíveis de uma marca de jeans.

Figura 20 - Modelos de produtos com efeitos de uma marca de roupas.



Fonte: Elaboração do autor a partir de imagem de empresa de jeans, 2020.

As confecções de jeans de diferentes regiões do Brasil tem percepções distintas do que funciona em termos de venda com seu público consumidor, por exemplo: lavanderias industriais para serviços de estonagem na cidade do Rio de Janeiro realizam a atividade com emprego de pedras cinasitas sem qualquer conhecimento do que seja a perlita, o que leva a reflexos negativos na deterioração do cesto de inox e no efluente gerado com argila.

Algumas confecções na região do Estado do Rio de Janeiro, creem que o resultado de desbotamento por pedras seja único e a melhor maneira para obterem um resultado de vendas nas suas peças de jeans comercializadas. A Figura 38, mostra uma lavanderia industrial em que o seu equipamento realiza a estonagem com pedra cinasita e também está mostrado o seu sistema de efluentes na sua saída de suas peneiras na visita de campo realizada pelo autor na cidade do Rio de Janeiro. Conforme solicitação da empresa, não foi permitido a indicação do seu nome nesta pesquisa mas tivemos a liberdade de questionamentos diversos e o seu registro fotográfico.

Figura 21 - Visita de campo em lavanderia industrial no Rio de Janeiro (RJ).



a) - Cesto com cinasita (RJ); b) - Coleta da argila após peneira (RJ).

Fonte: Autor, 2020.

Enquanto que na cidade de Criciúma, a perlita é empregada e facilmente encontrada nas lavanderias industriais, como pode ser observado na visita de campo que constatou o cesto com perlita e o sistema de efluentes de uma das visitas realizadas na Figura 39. Deve ser observado que a perlita coletada na peneira, segundo a entrevista realizada na empresa é reutilizada por pelo menos quatro vezes na máquina de lavar.

Figura 39 - Visita de campo em lavanderia industrial em Criciúma (SC).



a) — Cesto com perlita (SC); (b) — Coleta da perlita após peneira (RJ).

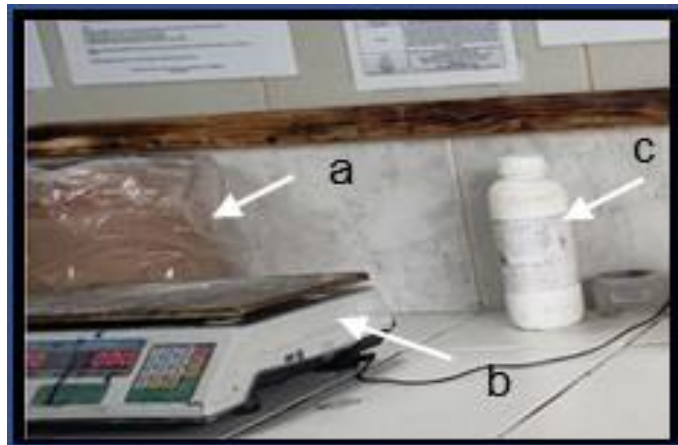
Fonte: Autor, 2020.

O processo que utiliza pedras cinasitas (argila expandida) em peças de jeans prontas (MAGELA, 2012) emprega a abrasividade deste material em combinação ou não com enzimas para eliminação do corante índigo dependendo da intensidade desejada do desbotamento ou clareamento por ação mecânica na máquina de lavagem. A ação das enzimas celulases (MADHU; CHAKRABORTY, 2011) é direta sobre a molécula de celulose do tecido, funcionando como elemento catalisador biológico do desbotamento. Na hipótese de não ser empregada a enzima, o número

de pedras deverá ser aumentado assim como o tempo em processo na máquina lavadora. Isto leva a um enorme risco de fragmentos da argila nas peças de jeans e a ocorrência de rasgos demasiados no tecido. Os valores de pH e de temperatura influenciam na estabilidade e velocidade de reação das enzimas no processo de estonagem.

Uma outra possibilidade a ser empregada na estonagem seria a utilização somente de enzimas, mas possui custo elevado e um efeito de desbotamento homogêneo no jeans, o que segundo informações na visita técnica não funcionaria com o cliente final. Além disto, somente o emprego de enzimas, exige ampla atenção e acompanhamento na lavagem das peças porque seu efeito em uma dosagem errada é o de destruição de todo material. A Figura 40 mostra, uma bancada típica de dosagem de enzimas em uma lavanderia.

Figura 40 - Bancada de dosagem em lavanderia visitada.



Legenda: (a) - Enzima celulósica; (b) - Balança para dosagem; (c) - Recipiente usado na lavadora;

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Na utilização da perlita se empregam enzimas, de maneira que a ação desta está ocorrendo na molécula do tecido, também a abrasão da perlita se desenvolve no movimento das peças com as partes internas do tambor da máquina lavadora, inclusive no contato com seus furos internos, tornando cada peça única como na Figura 41.

Figura 22 - Adição de perlita na estonagem.



1. Adição de perlita na estonagem; 2. Adição de enzimas na estonagem.

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Nas visitas realizadas pode ser comprovado, a mecânica do funcionamento da perlita negociada com as lavanderias industriais, através de fabricantes da perlita de forma direta ou por seus distribuidores que armazenam e as vendem. O processo de funcionamento do fornecimento da perlita para as lavanderias industriais está representado na Figura 42.

Figura 42 - Fornecimento perlita para as lavanderias.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Alguns distribuidores também adicionam a perlita, outros insumos para serem empregados de forma conjunta na lavagem das peças jeans, como a enzima ou hipoclorito de sódio em outro processo de acabamento chamado de marmorização que está apresentado na Figura 43.

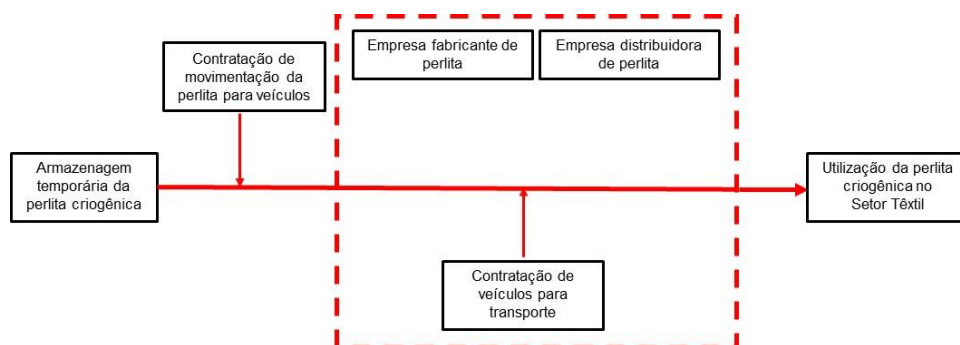
Figura 43 - Processo de marmorização com perlita.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Assim, as variáveis envolvidas no descarte da perlita criogênica deverão levar em consideração que as parcerias a serem realizadas deverão envolver fabricantes e/ou distribuidores de perlita. A Figura 44, mostra a configuração final do processo que envolve a identificação de parceiros para o recebimento da perlita criogênica.

Figura 23 - Critério para busca de parceiros interessados na perlita.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Na medida que foi definido uma modelagem do funcionamento do descarte da perlita criogênica e os potenciais parceiros para participar deste negócio, houve uma grande busca realizada pelo autor, no mercado de perlita por empresas que estivessem interessadas no recolhimento da perlita criogênica e que se dispusessem a atender aos critérios técnicos definidos pela empresa geradora. Depois de exaustivas buscas, somente duas empresas se interessaram em participar deste trabalho bem como das entrevistas programadas:

- 1) empresa distribuidora na Região Sudeste que será denominada na pesquisa de Empresa A;

2) empresa fabricante na Região Sul que será denominada na pesquisa de Empresa B.

Além disto, entenderam a mecânica do funcionamento do processo definido e a necessidade de cumprir as exigências locais aonde ocorrerá o recolhimento da perlita, pois como é de conhecimento nesta pesquisa as plantas de gases do ar estão instaladas em grandes clientes industriais, como em siderurgias.

No desenvolvimento do processo seletivo, onde todas as condições discriminadas nesta pesquisa foram verificadas, uma delas inicialmente teve que se alinhar a uma das exigências porque estava em andamento uma de suas documentações, mas ao final de dois meses ambas estavam habilitadas para o trabalho.

4.4 Planejamento de ações para retirada de perlita

O processo de trabalho funcionou com a divulgação do cumprimento das exigências por parte de duas empresas escolhidas autorizadas a receber a perlita criogênica, para as plantas criogênicas da empresa do estudo de caso. Ocorrendo um retorno positivo de participar na cessão da perlita criogênica por parte das unidades localizadas nos municípios de: Ouro Branco (MG), Serra (ES) e Rio de Janeiro (RJ). Neste último, existiam equipamentos com perlita porque se tratava da sua filial que realiza os serviços de fabricação e manutenção de vasos criogênicos. A orientação realizada as filiais interessadas, levou em consideração o alinhamento e discussão de todas as condições necessárias para esta mudança conceitual na destinação da perlita retirada com entendimento da:

- a) operação e seus custos até então praticada por cada uma das plantas para o reconhecimento das alterações nos papéis de responsabilidades dos seus representantes no descarte;
- b) ordem de serviço do processo, levando em consideração o regime de horário de trabalho permitido, a permissão de entrada de veículos e o pessoal em cada uma das plantas;
- c) organização e programação desenvolvida na logística interna de movimentação dos “*big bags*” com perlita no seu descarte;

- d) emissão da documentação legal de manifestos de resíduos, processamento e emissão de notas fiscais realizadas em cada uma das plantas.

A partir das informações obtidas de cada um dos locais, houve o estabelecimento de um plano de ação específico com cronograma para cada unidade com a adição de mais uma variável no processo que não tinha sido observada: a capacidade do parceiro poder receber a perlita.

Desta maneira, datas agendadas de envio da perlita poderão ser modificadas em razão da capacidade do parceiro poder receber o material. Isto poderá definir em algumas circunstâncias, uma estocagem de perlita criogênica esperando ser enviada para um parceiro, abrindo uma possibilidade de descarte ao aterro sanitário por uma falta de espaço para estocagem.

4.4.1 Unidade em Serra (ES)

Houve um agendamento em datas no período de 10/07 a 12/07/17 e na data de 18/07/17, para retirada da perlita e definição das medidas de:

- 1) determinação de responsável da planta para acompanhamento das retiradas em cada uma das datas e suporte em quaisquer necessidades;
- 2) organização pelo responsável da planta da ordem de serviço de coleta do parceiro junto a indústria do cliente, comunicação das documentações e obrigações para sua entrada no cliente;
- 3) determinação de colaborador específico pelo responsável da planta para realizar as documentações legais de manifesto e nota fiscal da perlita;
- 4) determinação à empresa parceira, da responsabilidade de comunicar para a planta criogênica com antecedência de 72 horas (antes da data de coleta), as informações dos documentos obrigatórios de motoristas, veículos e licenças ambientais de transporte para serem checadas e aprovadas;

- 5) determinação da contratação de logística interna de movimentação envolvendo caminhão munck e empilhadeira com operador e ajudante nas datas agendadas.

O responsável da planta para o descarte foi um profissional da manutenção, com o papel de garantir as etapas acima planejadas. O autor deste trabalho ficou estabelecido como suporte técnico em quaisquer medidas adicionais necessárias.

4.4.2 Unidade no Rio de Janeiro (RJ)

O agendamento ocorreu para as datas de 30/08 e 19/09/17, em que a situação do volume existente no local existente nos equipamentos poderá levar a mais datas de retirada da perlita e estabelecimento das seguintes orientações:

- 1) determinação de que o autor deste trabalho, seria o responsável no acompanhamento das retiradas em cada uma das datas e suporte em quaisquer necessidades;
- 2) organização pelo autor deste trabalho de comunicação das documentações e obrigações para sua entrada na planta;
- 3) determinação ao autor deste trabalho, a responsabilidade de realizar as documentações legais de manifesto e nota fiscal da perlita;
- 4) determinação para empresa parceira, da realização de comunicação ao autor deste trabalho, com antecedência de 72 horas antes da data de coleta, de informações dos documentos obrigatórios de motoristas, veículos e licenças ambientais de transporte para serem checadas e aprovadas;
- 5) determinação de aproveitamento dos recursos próprios de equipamento de movimentação e operador nas datas agendadas.

A unidade do Rio de Janeiro possuía atividade econômica diferente das demais empresas de gases do ar, porque sua natureza de atividades é de montagens e manutenção, logo dispunha de alguns equipamentos em seu pátio que precisavam retirar perlita. A condição promoveria uma facilidade em termos de disponibilidade em qualquer período para retirada de perlita dos equipamentos, diferente de uma planta que precisaria interromper o trabalho para a atividade.

4.4.3 Unidade em Ouro Branco (MG)

As datas de 28/09, 03/10, 04/10 e 10/10/17, foram agendadas para retirada da perlita e definiu-se as medidas de:

- 1) determinação de um responsável da planta para acompanhamento das retiradas em cada uma das datas e suporte em quaisquer necessidades;
- 2) organização pelo responsável da planta da ordem de serviço de coleta do parceiro junto a indústria do cliente, comunicação das documentações e obrigações para sua entrada no cliente;
- 3) determinação de colaborador específico pelo responsável da planta para realizar as documentações legais de manifesto e nota fiscal da perlita;
- 4) determinação para empresa parceira, realizar a comunicação ao responsável da planta com antecedência de 72 horas antes da data de coleta, as informações dos documentos obrigatórios de motoristas, veículos e de licenças ambientais de transporte para serem checadas e aprovadas;
- 5) determinação da contratação de logística interna de movimentação envolvendo caminhão munck e empilhadeira com operador e ajudante nas datas agendadas.

O responsável da planta designado para o descarte foi um engenheiro da empresa, com um importante papel de garantir as etapas acima planejadas. O autor deste trabalho ficou estabelecido como suporte técnico em quaisquer medidas necessárias.

5 RESULTADOS OBTIDOS

A implementação das ações programadas na pesquisa, definem as questões a serem apontadas no diagnóstico técnico que tem o objetivo de administrar medidas corretivas se necessário ou promoverem as ações realizadas que podem ser consideradas: “ações matoadoras” ou eficazes, onde o programado foi realizado na sua totalidade.

Na organização das ações realizadas, será discriminado pontualmente os temas consolidados e determinados pelo autor, para garantir a manutenção do processo de reutilização da perlita por empresas de gases do ar.

5.1 Ações realizadas na retirada de perlita

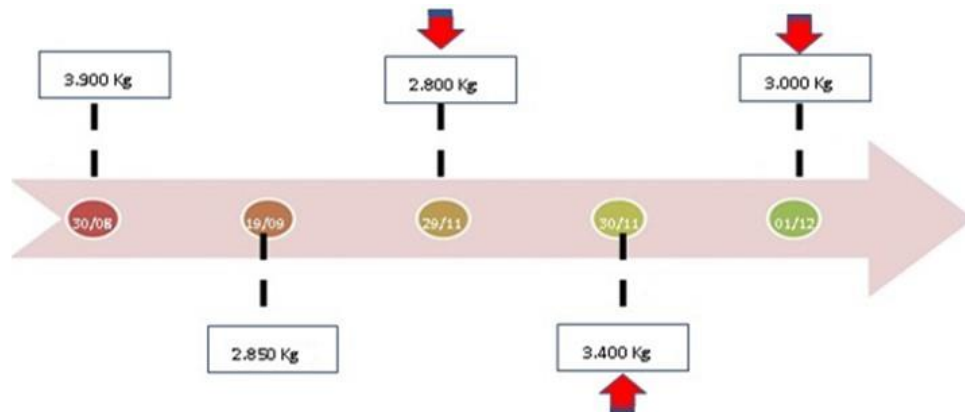
As ações de retirada da perlita se apresentaram de maneiras diferentes nas plantas criogênicas e na empresa de engenharia no município do Rio de Janeiro do mesmo grupo industrial. Estas diferentes realidades, serão apresentadas abaixo.

5.1.1 Retirada de perlita no Rio de Janeiro (RJ)

i. Programação de retirada de perlita:

A programação desenvolvida inicialmente está mostrada na Figura 45, com a inclusão de datas adicionais em razão do aumento no volume de retirada de perlita, porque aumentaram o número de equipamentos em manutenção contendo o material. Na figura abaixo, está marcado com setas vermelhas os volumes de perlita adicionados em programação extraordinária. O volume total carregado de perlita no período atingiu um valor de 15.950 kg.

Figura 45 - Programação do descarte da perlita no Rio de Janeiro (RJ).



Legenda: As setas em vermelho indicam datas de descarte adicionadas.

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

ii. Tipo de veículo para transporte de perlita

O volume de perlita armazenada para descarte se encontrava acondicionada em “big bags” carregados com peso até 1 m³ de perlita cada, o que por questões de segurança no transporte e facilidade para carregamento levou a uma definição de ser utilizado uma carreta do tipo sider. Este tipo de carreta obriga a utilização de paletes de madeira para estabilidade de “big bags” de 1 m³ no assoalho do veículo. A Figura 46, mostra a movimentação realizada de “big bags” com capacidade de 1 m³ de perlita cada para o carregamento da perlita.

Figura 46 - Carregamento em “big bags” até 1 m³ na carreta sider.



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

No local de armazenagem também existiam “big bags” com capacidade de perlita até 2 m³, o que torna a carga estável sem a exigência do emprego de paletes

de madeira no assoalho do veículo. Isto facilitou a movimentação do carregamento de perlita, conforme pode ser observado na Figura 47.

Figura 47 - Carregamento de perlita em “big bags” de 2 m³ na carreta.



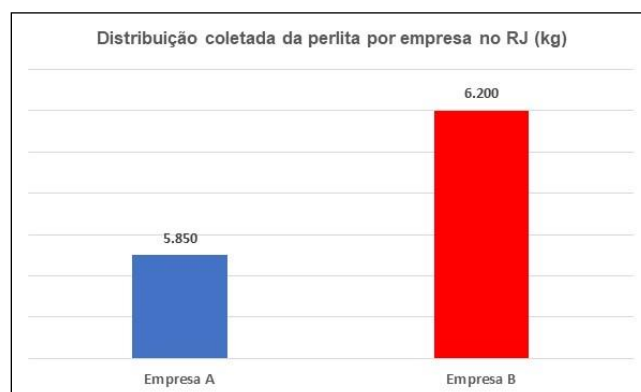
Fonte: Elaboração do autor, 2020.

No carregamento da perlita, puderam ser observadas algumas dificuldades:

- 1) encontrar “*big bags*” na área de armazenamento com mesmo volume para serem carregados com mesmo tipo de peso, porque estavam misturados alguns “big bags” de 1 m³ e outros de 2 m³. isto fez perder uma enorme quantidade de tempo na operação com movimentação;
- 2) perda de tempo na organização de uma melhor posição da carreta sider, que facilitasse o carregamento dos “big bags” pela empilhadeira;
- 3) risco na operação com a empilhadeira levar a furo nos “big bags” com capacidade até 2 m³, se ocorrer uma desatenção na movimentação com os garfos do equipamento;
- 4) escolha equivocada de uma empilhadeira com dimensão maior ao espaço para movimentação da carga, o que poderia ocasionar um dano patrimonial ou acidente pessoal com terceiros;
- 5) retrabalho na movimentação de alguns “big bags” por solicitação do motorista do veículo, que não havia acompanhado a movimentação e não tinha concordado com a forma de organização e distribuição da carga;
- 6) disponibilidade de veículos licenciados para transporte de perlita.

- 7) as datas programadas para envio das documentações legais determinadas foram devidamente cumpridas, aprovadas e os veículos para carregamento da perlita conseguidos de maneira fácil, segundo as empresas parceiras. No objetivo de entender melhor a facilidade de encontrar veículos licenciados, conversei com dois motoristas que me passaram a informação de que estariam realizando uma logística de retorno, o que é desenvolvido frequentemente no Rio de Janeiro. O que não seria tão fácil em outras localidades, segundo os profissionais;
- 8) atendimento pelos transportadores nas datas de coleta.
- 9) o horário estabelecido de 8 horas da manhã para chegada dos veículos na empresa não foi cumprido em duas oportunidades (dias 19/09 e 29/11/2017), e em uma destas ocasiões somente próxima ao horário do almoço. o atraso na chegada do veículo poderia ter inviabilizado o seu carregamento por falta de tempo suficiente para a sua organização;
- 10) destinação das coletas realizadas pelos transportadores atingiu um valor de 12.050 kg, e se encontra representado na Figura 48.

Figura 48 - Volume por empresa coletada no Rio de Janeiro (kg).



Fonte: Autor, 2020.

5.1.2 Retirada de perlita em Serra (ES)

a) Programação de retirada de perlita:

A programação foi cumprida integralmente e está mostrada na Figura 49, e o volume total carregado de perlita no período atingiu um valor de 54.450 kg.

Figura 24 - Programação de descarte em Serra (ES)



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

No carregamento da perlita no período, pode ser observado na Figura 50, que houve “*big bags*” molhados que não foram aproveitados e carregados:

Figura 25 - Amostra molhada de perlita.



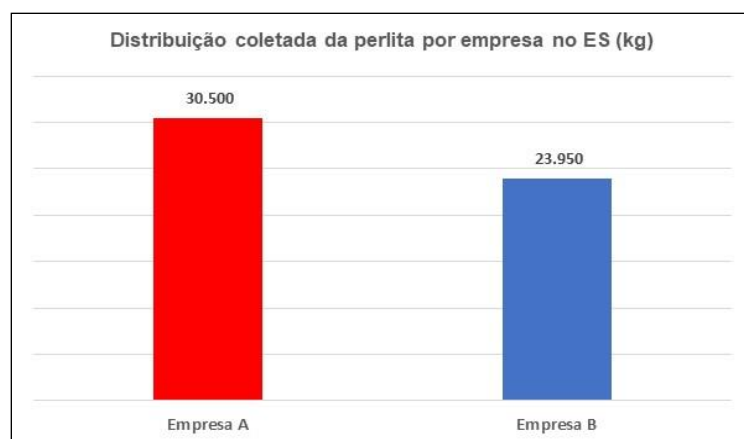
Fonte: Elaboração do autor, 2020.

As causas podem ser associadas a um mal acondicionamento da matéria ou “*big bags*” contendo a chamada perlita residual, que foi definida nesta pesquisa.

- a) a primeira carga em 10/07, foi recebida no seu destino e após avaliação da Empresa A, teve como aplicação a sua reutilização, assim como as demais cargas por ambos os receptores da matéria;

- b) os veículos utilizados no carregamento da perlita foram as carretas sider, mas ocorreram muitos problemas com o recebimento das informações e documentos legais que haviam sido combinados de serem enviados até 72 horas antes de qualquer embarque. A documentação chegava fora do horário combinado, e segundo as empresas houve dificuldade de conseguir veículos contratados que atendessem aos requisitos determinados pela empresa geradora;
- c) um dos motoristas recebeu uma multa administrativa do cliente aonde está instalada a planta de gases do ar, por ter ultrapassado o limite de velocidade;
- d) os veículos contratados chegavam mal orientados sobre o horário de chegada, alguns atrasados e em um dos casos, um dos motoristas não portava documento original para acesso ao cliente;
- e) alguns “big bags” estavam fechados adequadamente, mas não se encontravam corretamente lonados;
- f) ocorreu em duas oportunidades, a chegada do veículo atrasado o que levou a consequências no aproveitamento da carga no veículo devido a reduzida jornada de trabalho que restava para a operação;
- g) destinação das coletas realizadas de perlita pelos transportadores atingiu um valor de 54.450 kg, e está representado na Figura 51.

Figura 26 - Destinação de perlita por empresa receptora em Serra (kg).



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

A operação contratada de movimentação realizou a atividade de manutenção com equipamento novo e nas dimensões necessárias para a realização do trabalho. A Figura 52, mostra o trabalho ocorrido em um dos dias de carregamento.

Figura 27 - Carregamento em Serra (ES).



Fonte: Autor, 2020.

5.1.3 Retirada de perlita em Ouro Branco (MG)

i. Programação de retirada de perlita:

A programação foi cumprida integralmente com um volume total carregado de perlita no período atingindo um valor de 32.000 kg, destinado unicamente para Empresa A, conforme Figura 53.

Figura 28 - Programação de descarte em Ouro Branco (MG).



Fonte: Elaboração do autor, 2020.

No carregamento da perlita no período, pode ser observado que:

- a) todos os “*big bags*” estavam muito bem acondicionados, o que levou a retirada total da carga existente.

- b) todos os veículos utilizados no carregamento da perlita chegaram pontualmente para carregamento, sem qualquer ocorrência de anormalidade;
- c) houve uma dúvida quanto a classificação contábil da nota fiscal de saída da perlita, devido a natureza da operação não ser mais de aterro sanitário, que foi devidamente resolvida. Isto levou a uma reflexão sobre o assunto fiscal, porque pode ser observado o quanto a legislação é injusta e desestimula o reaproveitamento dos materiais, devido ao pagamento de imposto na transação envolvida.
- d) a operação de carregamento e as questões administrativas foram muito bem executadas, de maneira que os veículos foram carregados com segurança e rapidamente;
- e) a informação obtida junto a Empresa A, foi de que o produto inteiramente foi reutilizado.

5.2 Medidas observadas com a utilização da perlita em lavanderias

As visitas de campo realizadas para a pesquisa, possibilitaram a percepção de ganhos comparativos com a adoção da perlita criogênica em substituição a argila nas lavanderias industriais. Isto assume uma grande importância porque viabiliza uma continuidade do processo com utilização da perlita criogênica, por existirem ganhos na área operacional, financeira e em meio ambiente.

No objetivo de tornar simples uma comparação da utilização de argila e de perlita no processo de estonagem de jeans, houve a realização de uma forma resumida da Figura 54, que contém valores e informações obtidas nas visitas de campo para mostrar as principais questões envolvidas.

Figura 29 - Comparação de estonagem com argila e perlita.

				Processo 1 (Argila) Enzima + Pedra Tempo 50 minutos	Processo 2 (Perlita) Enzima + Pó Tempo 1 hora e 5 minutos
Produto	Uso	Unidade	Custo (R\$)		
Enzima Neutra Celulase	0,5 %	Kg	18,00	5,40	5,40
Pedra cinasita	2,5	Saco	29,00	72,50	
Perlita expandida	20 %	Kg	3,10		37,20
Peso de jeans em cada Lavagem	60	Kg			
Custo de processo				77,90	42,60
Impacto ambiental ?				Sim	Não
Formação de resíduos sólidos ?				Sim	Sim
Bio degradável ?				Não	Não
Quimicamente inerte ?				Não	Sim
Possibilidade de rasgar forros de algodão?				Média->Alta	Não há
Padrão de estonagem?				Alto	Alto
Qualidade visual de estonagem?				Ótima	Ótima
Acelerador do processo?				Sim	Sim
Restrição de uso de tecidos?				Sim	Não
Pode conter contaminantes (como metais)?				Sim	Não
Pode ser reutilizado no processo?				Sim	Sim
Altera o <i>set up</i> do equipamento?				Sim	Não
Acelera depreciação do cesto inox?				Sim	Não

Fonte: Elaboração do autor, 2020.

Analisando os resultados obtidos por meio da comparação de que a perlita tem melhores resultados na operação do que a argila, e esta última se utilizada levará com

o tempo a substituição do cesto de aço inox da máquina de lavar. Ressalto que, os valores dos insumos e dos tempos de máquina levados em consideração na Figura 54, poderão variar devido a amostra de peça de jeans contratada pela lavanderia junto a confecção.

Quanto aos efluentes gerados, nas visitas de campo realizadas pode ser observado que após o processo de estonagem:

1) se adotado a argila:

- a solução de lavagem contendo o material fragmentado é conduzida a um decantador primário para remoção parcial da lama formada em razão do atrito entre as “pérolas” de argila, o tecido e o equipamento, especialmente o cesto. Em seguida o líquido decantado é conduzido à um segundo estágio de tratamento físicoquímico que consiste na floculação/decantação com auxílio de agentes químicos objetivando a remoção das partículas de argila remanescentes do primeiro estágio de separação, do corante e do tecido dispersos na corrente líquida a ser tratada. O lodo gerado nas duas etapas é desaguado e conduzido para aterro sanitário, cuja classe dependerá da composição química da argila utilizada. A presença de determinados metais na argila, em percentuais acima dos dispostos na legislação vigente, poderá exigir uma disposição em aterro classe I, resultando em um maior custo;

2) se adotado perlita:

- No caso de utilização da perlita, material inerte e com densidade aparente menor do que a densidade da água, as partículas sólidas (pérolas) são separadas facilmente via peneiramento, podendo ser reutilizadas no processo de estonagem por mais vezes. O efluente será composto basicamente de corante e fragmentos do tecido dispersos na solução de lavagem, onde será levado a um tratamento físico-químico, idêntico ao utilizado com a argila, que consiste da floculação/decantação com auxílio de agentes químicos objetivando a remoção das partículas formadas pelo corante e pelo tecido, e não mais contaminadas com argila e seus componentes. Assim sendo, o lodo formado, em menor

quantidade e com menor potencial poluidor, poderá ser destinado a um aterro classe II resultando em um menor custo de disposição.

Desta maneira, o processo de efluentes é mais econômico e menos agressivo ao meio ambiente com a utilização da perlita.

5.3 Diagnóstico de ações necessárias para a manutenção do aproveitamento

O processo de descarte da perlita criogênica, que teve o seu fundamento nesta pesquisa, corretamente colocou pontos necessários na relação entre os parceiros em que todos os envolvidos devem atender os requisitos legais e aquilo ao que foi definido como necessário para a organização das atividades e atendimento as responsabilidades financeiras.

Na realização dos descartes de perlita criogênica, puderam ser constatados problemas que merecem ser discriminados e proposto uma solução para cada uma das situações encontradas. Assim, com o levantamento dos problemas da pesquisa-ação, poderão ser realizadas medidas sobre estes pontos fracos para que o aproveitamento da perlita criogênica possa ser viável e tenha continuidade.

1) programação do descarte depois da armazenagem da perlita:

- descarte deveria ocorrer no período que estivesse sendo realizado a retirada da perlita do equipamento criogênico, porque isto possibilitaria ganhos financeiros advindos da movimentação do material e a redução do volume armazenado na área da planta criogênica. Assim, como existe um planejamento de retirada da perlita do equipamento, deve existir na mesma época um planejamento da sua retirada;

2) coleta atrasada devido à falta de capacidade da empresa receptora da perlita:

- há necessidade no aumento do número de empresas que recebam a perlita criogênica, porque o processo não pode ficar

aguardando um fornecedor se organizar internamente para coletar o material;

3) “*big bags*” molhados em área de armazenamento.

- a pesquisa mostrou que existirão “*big bags*” contendo perlita residual, logo este material deveria ser identificado por exemplo com uma etiqueta ou similar, para que fique entendido que não será reutilizado;

4) “*big bags*” misturados de tamanhos diferentes na área de armazenamento:

- uma desorganização no armazenamento significa dificuldades no carregamento para seu transporte, o que significa separar adequadamente os “*big bags*” de 1 m³, daqueles que tem 2 m³;

5) veículos do tipo “sider” para transporte da perlita com paletes.

- as empresas receptoras deverão contratar veículos que tragam paletes para facilitar a operação do carregamento, evitando situações em que o operador movimente os “*big bags*” por alças e possam ocorrer quaisquer situações de rasgos involuntários com material no meio ambiente;

6) equipamentos de movimentação contratados para dimensão da movimentação da carga.

- a contratação dos equipamentos deve levar em consideração a dimensão necessária para a movimentação da carga, evitando-se situações que a máquina possa danificar a propriedade ou causar lesões ao pessoal;

7) logística de contratação dos veículos para recolhimento da perlita.

- as empresas receptoras deverão se organizar, a partir do conhecimento da localização das plantas criogênicas existentes, realizando um mapeamento de empresas logísticas organizadas próximas. Isto evitará situações que atrapalhem a coleta do material ou tragam transtornos decorrentes de pessoal mal treinado;

8) garantir que os “*big bags*” estejam fechados e lonados:

- os “*big bags*” deverão se encontrar armazenados devidamente fechados e lonados para evitar que sejam molhados e não possam ser destinados para reutilização;

9) garantir pontualidade na chegada dos veículos para coleta da perlita:

- os procedimentos de entrada de veículos e pessoal nas grandes indústrias (como siderúrgica), impõe regras desde documentações, vídeos de segurança e provas sobre esta projeção. Assim, tem que ficar claro a necessidade da pontualidade sob risco do veículo não ser totalmente carregado em função da diminuição do tempo para o trabalho;

10) promover a discussão sobre a classe fiscal de reutilização de materiais.

- o enquadramento tributário para emissão de notas fiscais causa confusão porque envolve o entendimento do tipo de resíduo industrial, objeto da operação para efetuar o adequado enquadramento tributário. Deve ser observado que existirá a incidência de impostos, dependendo do material, em algumas situações. O princípio natural da preservação dos recursos naturais deveria levar a situações em que inexistissem impostos quando incidissem reutilizações ou reciclagens de materiais de qualquer espécie.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na sociedade moderna, a minimização dos impactos da atividade econômica no meio ambiente, vem continuamente ocupando espaço na discussão e no desenvolvimento de estudos e iniciativas de reciclagem e reutilização dos resíduos. Assim, naturalmente ocorre uma busca por parcerias entre empresas de segmentos diferentes de negócio que tornem a inserção do que seria considerado um resíduo para uma aplicação como matéria prima, evitando-se a sua destinação para aterros sanitários.

Esta pesquisa poderá encaminhar outros trabalhos que envolvam a utilização da perlita criogênica, na medida que foi mostrado o seu valor comercial, a dimensão do seu volume descartado e uma aplicação pouco imaginada do material no Brasil com reflexos ambientais consideráveis.

A pesquisa partiu da hipótese, de que a manutenção das características inertes da perlita criogênica, se mantém, depois de retirada dos equipamentos. Isto foi efetivamente comprovado laboratorialmente, e atendeu ao primeiro dos objetivos específicos definidos do trabalho. A partir dos critérios instituídos pela empresa criogênica do que poderia ser realizado com a perlita, houve no capítulo dois, um levantamento bibliográfico no intuito de construir referenciais teóricos, levando em consideração inclusive requisitos legais, para a busca de uma aplicação para a perlita criogênica na diversidade das utilizações existentes.

A utilização abrasiva no processo de estonagem em lavanderias industriais, se mostrou uma alternativa viável e que atendeu ao segundo objetivo específico da pesquisa. Posteriormente neste mesmo capítulo, pode ser comprovado em análises realizadas que o aproveitamento em lavanderias no segmento têxtil, atendeu ao terceiro objetivo específico, por absorver o volume descartado nos equipamentos criogênicos com ganhos ambientais e financeiros evidentes.

O sistema para o aproveitamento da perlita na operação de manutenção da planta criogênica, envolve uma gestão desde o acondicionamento do material retirado visando o seu aproveitamento e o atendimento pelas empresas envolvidas no cumprimento dos critérios técnicos instituídos. Conforme pode ser avaliado, no capítulo quatro a partir do detalhamento do descarte, houve de fato um entendimento dos limites de contornos operacionais e legais a serem levados em consideração para

uma divisão das atividades e uma definição da responsabilidade de cada uma das partes envolvidas na operação.

A planta criogênica administrou decisões fundamentais que viabilizaram o aproveitamento contínuo do material, na medida que assumiram a sua responsabilidade na logística interna de movimentação e houve a cessão gratuita do perlita criogênica. Isto representou a diferença na busca de parceiros interessados no recebimento da perlita criogênica.

A investigação da pesquisa pode comprovar no campo, que somente seria viável o emprego da perlita criogênica por lavanderias industriais do segmento têxtil, se ocorresse pelo atual canal de distribuição realizado pelas empresas fornecedoras do mercado da perlita, que comercializam com esta atividade econômica. Desta maneira, após extensa busca no mercado da perlita, se chegou a um fabricante e um revendedor de perlita expandida interessados, onde ambos aprovaram os critérios estabelecidos: operacionais, legais e financeiros. Logo, foi cumprido o quarto objetivo específico que havia sido definido na pesquisa, conforme comprova o capítulo quatro.

Estando definido que duas empresas tinham sido autorizadas para o recebimento da perlita descartada, uma divulgação deste fato foi realizada às plantas criogênicas do estudo de caso, onde se obteve o retorno de três unidades interessadas em participar do trabalho. Houve o desenvolvimento de um planejamento de ações para a retirada do material em cada uma das plantas criogênicas com alinhamento técnico, operacional e logístico de toda operação entre todas as partes envolvidas. Isto se mostrou um sucesso, assim foi alcançado o quinto objetivo específico da pesquisa.

Diante deste cenário, no estudo de caso desta pesquisa constatou-se a relevância ambiental na medida que evitou a destinação direta de quase 100 toneladas de perlita criogênica para aterro sanitário. Este material pode ser reutilizado nas lavanderias industriais, e representou ganhos ambientais no efluente gerado com a diminuição do seu volume de lodo e um menor potencial poluidor. Além disto, o seu emprego na lavanderia levará a ganhos financeiros para a atividade porque evitará problemas operacionais decorrentes na utilização de argila.

Um outro ponto que não pode deixar de ser observado, é que também as plantas criogênicas se beneficiaram financeiramente no fornecimento da perlita criogênica ao segmento têxtil, porque deixaram de pagar veículos para o transporte e os custos da destinação aos aterros sanitários.

Um fator fez a diferença nas empresas envolvidas. Todos saíram entendendo ter alcançado resultados favoráveis com meio ambiente, custos e a certeza da sua viabilidade. O valor de mercado da perlita expandida em torno de R\$ 4,00 o quilo, não pode desestruturar todo sistema organizado pela pesquisa e que gerou resultados para todos os envolvidos. Alguns tenderiam a imaginar cenários em que uma planta criogênica poderia vender comercialmente a perlita para as lavanderias, para obter um resultado financeiro na venda de 100 toneladas de quatrocentos mil reais (R\$ 400.000,00) na operação. A venda não sendo imediata, exige locais para armazenamento com manutenção regular, entre muitos outros fatores há demonstração de inviabilidade do negócio, sendo um negócio para empresas especialistas. Uma das empresas participantes da pesquisa, realizou comunicado atestando os resultados da pesquisa e mostrou as suas ações desenvolvidas com a perlita expandida, e foi colocado a informação no ANEXO B.

Esta pesquisa produziu um terceiro produto reutilizado ao mercado de perlita expandida, porque existia até então:

- a) uma perlita minério que era expandida por fabricantes ou empresas interessadas em um produto com diminuição do custo;
- b) uma perlita expandida comercialmente vendida;

Pretende-se que esta pesquisa leve a uma redução no valor de venda da perlita expandida, para que um número maior de lavanderias industriais possam utilizá-la e o meio ambiente ser o maior beneficiário.

7 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada sobre o sistema de aproveitamento de perlita expandida dos processos criogênicos, representou um enorme desafio para empresa do estudo de caso, porque se tratava de um trabalho inédito por uma aplicação “segura” para o material. Esta situação quanto a segurança na aplicação, se apresentou porque inexistia uma garantia da manutenção da característica inerte da perlita expandida descartada. A pesquisa então, formulou uma hipótese acêrca do assunto e comprovou tecnicamente que o material se mantinha inerte depois de retirado dos tanques criogênicos. A dimensão e o alcance do desafio da pesquisa sobre o aproveitamento da perlita expandida, pode ser medida pela construção do sistema interno desenvolvido para o trabalho pela empresa do estudo de caso, e no risco assumido de parcerias inéditas com outros segmentos industriais.

A formulação da pesquisa levou em consideração que o sistema de aproveitamento da perlita expandida, eliminaria o encaminhamento do material para os aterros sanitários (problema), o que de fato foi realizado. Assim como, a hipótese da pesquisa foi comprovada, com o objetivo geral e específicos devidamente atendidos, e seguindo a metodologia do trabalho.

As empresas envolvidas entenderam a importância do aproveitamento da perlita, e trabalharam em parceria para o sucesso da pesquisa, tornando possível a inserção do que seria um resíduo em uma matéria prima. Ocorreram situações em que o planejamento não foi devidamente seguido por falhas de comunicação, como no atraso da chegada dos veículos para recolhimento da perlita nas plantas criogênicas ou quando motorista se apresentava sem documento para o serviço. Isto obrigou a todos colaborarem para auxiliar e resolver as situações, e planejarem para evitá-las que uma vez mais ocorressem.

A utilização pesquisada de abrasividade da perlita no processo de estonagem em lavanderias industriais do setor têxtil, se mostrou uma alternativa acertada com resultados. Assim como, a decisão administrada pela empresa de cessão gratuita da perlita expandida aos canais de distribuição das lavanderias industriais do segmento têxtil foi um elemento essencial para o resultado final da pesquisa. A investigação da pesquisa pode comprovar no campo junto às lavanderias na cidade de Criciúma, o acerto da medida.

A análise e discussão dos dados mostrou o acerto da formulação do conjunto de meios com vistas ao aproveitamento da perlita expandida e a pesquisa ter sido amplamente alcançada, em seus objetivos estabelecidos e valores de reutilização. Estes valores em torno de quase 100 toneladas, representam uma questão que sequer foi imaginada de ser conseguida no início da pesquisa. Isto mostra o enorme potencial da pesquisa para as plantas criogênicas interessadas na proteção ao meio ambiente.

A pesquisa de campo foi muito demorada e prejudicada em seu final pela pandemia do coronavírus, porque as empresas no Rio de Janeiro não estavam permitindo o acesso as suas instalações com a preocupação no contágio do seu pessoal. O trabalho somente conseguiu contato com três lavanderias industriais funcionando no Rio de Janeiro e somente uma, permitiu a realização de visitas às suas instalações. A condição imposta para sua participação na pesquisa, foi não ser identificada e contribuir com o fornecimento de dados, que efetivamente foram utilizados com registros fotográficos do processo.

Na medida que a pesquisa ficou restrita no Rio de Janeiro, houve a necessidade de pesquisar uma outra cidade que estivesse funcionando normalmente a atividade de lavanderias industriais, o que foi o caso de Criciúma. Logo, a pesquisa migrou para esta cidade e de fato, as lavanderias industriais funcionavam normalmente e as visitas ocorreram com apoio integral dos empresários locais. Estes, entendiam que a pesquisa futuramente, poderia contribuir para ser um elemento que iria auxiliá-los na diminuição no valor comercializado da perlita. Independentemente do apoio alcançado em Criciúma, não houve a autorização para identificação destas empresas na pesquisa e igualmente pode ser registrado imagens fotográficas para serem reproduzidas no trabalho.

Uma observação importante diz respeito, a venda durante a pandemia de uma das empresas participantes do estudo de caso da pesquisa, que recolheu a perlita expandida. Uma empresa multinacional adquiriu o controle da empresa em questão.

A partir das informações obtidas por esta pesquisa pode ser sugerido, como uma continuidade deste trabalho:

- a) estudo das classes fiscais estaduais para uma busca de benefícios reais a serem propostos em situações de reciclagem e reutilização de recursos naturais em sua movimentação no país;

- b) estudo da aplicação de perlita criogênica em revestimentos nas alvenarias de habitações populares investigando se ocorrerão ganhos na sua manutenção térmica;
- c) estudo da aplicação de perlita criogênica em placas de “dry wall” em substituição a vermiculita.

REFERÊNCIAS

123 BIG BAGS. Reusable big bag 1m3. Disponível em: <
<https://www.123bigbags.com/ch/en/big-bags/reusable-bag-90x90x110-standard>>

Acesso em: 6 de set. 2020.

AGUA, A moda pela (2019). Vicunha investe em pesquisas para o mercado, maio 2019. Disponível em: <https://www.amodapelaagua.com.br/as-guardias-da-agua/vicunha-investe-em-pesquisas-para-o-mercado/>. Acesso em: 6 de set. 2019.

ALKAN, M., & DOGAN, M. (2001). Adsorption of Copper (II) onto Perlite. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 243, n. 2, nov. 2001. p. 280-291.

ABELPRE (2019). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. **ABRELPE**, nov. 2019. p. 11. Disponível em:< <https://abrelpe.org.br/panorama/>> Acesso em: 6 de set. 2019.

AMORIM, Aline Pinto et al. Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade do Rio Grande – RS. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 15, n.1, p. 159-178, 2010.

Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/ambeduc/article/view/888>>. Acesso em: 6 de set. 2019.

ARIA. **Atmospheric discharge of perlite at an atmospheric gas plant** – The Barpi. 11 jun. 2012. Disponível em: <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/42269_en/?lang=en> Acesso em: 6 de set. 2019.

BARNOSKI, A.; MATZKE, N.; TOMIYA, S et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived ? **Nature Research Journals**, v. 471, p. 51-57, 2011.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nature09678>>

ASSADOURIAN, E.; PRUGH, T. **Estado do Mundo 2013: A Sustentabilidade Ainda é Possível?** / Worldwatch Institute (1ª Edição). Salvador: Universidade Livre da Mata Atlântica, 2013.

BAUMGARTNER, R.G.; Myers, E. A.; Fesmire, James E.; Sokalski, E. R.. Demonstration of Microsphere Insulation in Cryogenic Vessels. **AIP Conference Proceedings**, p. 1383-1391, abr.2006. Disponível em:

<https://translate.google.com/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=https://www.researchgate.net/figure/Variation-of-thermal-conductivity-with-cold-vacuum-pressure-for-microspheres-compared-to_fig1_253971557&prev=search&pto=aue> Acesso em: 22 dez. 2019.

BRAGA, I. H. et. al. **Introdução a Engenharia Ambiental** - O Desafio do Desenvolvimento Sustentável (2 ed.). São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005.

BRASIL. Lei 12/305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 6 de set. 2020.

BRASIL. Portaria 3.214/1978, de 8 de junho de 1978. Institui as Normas Regulamentadoras. Disponível em: <[ENIT - Escola Nacional da Inspeção do Trabalho - SST - NR - Português](#)> Acesso em: 30 de nov. 2020.

CAVALCANTE, Ana Luisa Boavista Lustosa et. al. Design para a sustentabilidade: um conceito interdisciplinar em construção. **Projética Revista Científica de Design**, Londrina, v.3, n.1, p.252-263, jul.2012.

CHANDRAN, Ravi M.; KUMAR, Siva P.; SANGITA, S. **Types of stone wash & their effects on the denim fabric** -The Indian Textile Journal, 10 fev. 2010. Disponível em: <<http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=2683>> Acesso em: 27 abr. 2019.

CHOUDHURY, A. **Environmental impacts of denim washing - Sustainability in Denim**. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing, 2017.

CONTEFLEX. Produtos. Disponível em: <<http://www.conteflex.com.br/produtos/>> Acesso em: 6 de set. 2020.

COSTA, Beatriz Souza; DIZ, Jamile B. Mata; OLIVEIRA, Luís de. Cultura de consumismo e geração de resíduos. **Revista Brasileira de Estudos Políticos**, Belo Horizonte, n. 116, p. 159-183, jan./jun. 2018

COSTA, Mirko R. Efeitos superficiais sobre o índigo. **Química Têxtil**, ano 39, nº 118, p. 06-14, mar. 2015.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 308 p., 1990.

DEMING, William Edwards. **A nova economia para a indústria, o governo e a educação**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 186 p., 1997.

EIJK, F. v.; JOUSTRA, D. J. Economia Circular: do conceito à transição. In LUZ, B. **Economia Circular Holanda Brasil - Da Teoria à Prática**. Rio de Janeiro: Senai Artes Gráficas, 2017.

ECONOMIA, Ministério. Base de dados do comércio exterior. Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/base-de-dados-do-comercio-exterior-brasileiro-arquivos-para-download> Acesso em: 10 jan. 2020.

EIGA – European Industrial Gases Association. Document 146/18 - Perlite Management. Bruxelas, 2018, p.1-8. Disponível em: <https://www.eiga.eu/index.php?elD=dumpFile&t=f&f=3293&token=d968bd06fcac7bdf23124e9c7e213ebfda827033> > Acesso em: 30 nov. 2020.

EPA – United States Environmental Protection Agency. **11.30 Perlite Processing**. Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s30.pdf>> Acesso em: 22 dez. 2020.

FERBAGROUP. **Perlitek Solutions**. Disponível em: <<http://www.ferbagroup.com/products/>> Acesso em: 6 de set. 2020.

FESMIRE, James E. Cost-efficient storage of cryogenics. **AIP Conference Proceedings**, v. 985, p. 1383-1391, mar.2008. Disponível em: <https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=pt-BR&prev=search&pto=aue&rurl=translate.google.com&sl=en&sp=nmt4&u=https://www.researchgate.net/deref/http%253A%252F%252Fdx.doi.org%252F10.1063%252F1.2908498&usg=ALkJrhj4_sx8t6kR6CgDvsDLYAt7T1i6JQ> Acesso em: 22 dez. 2019.

FESMIRE, James E. Vibration and thermal cycling effects on bulk-fill insulation materials for cryogenic tanks. **AIP Conference Proceedings**, v. 823, p.1359-1367,

mai. 2006. Disponível em:
 <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uac=t=8&ved=2ahUKEwjXquuk2ojtAhXyJLkGHWOLDK0QFjACegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Faip.scitation.org%2Fdoi%2F10.1063%2F1.2202556&usg=AOvVaw1ZsKoNrMED_U3OrlqeQwIO> Acesso em: 22 dez. 2019.

FRANÇA, Silvia C. A.; LUZ, Adão B.; INFORÇATI, Paulo Francisco. Diatomita. In: **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. Parte II, Cap; 18, p.399-412

FREITAS, B. d.; JULIANI, C. **Guia de texturas macroscópicas e microscópicas e de estruturas de rochas vulcânicas brasileiras antigas da Amazônia**. São Paulo: Universidade de São Paulo.Frna. 2018.

GONÇALVES, P. **Reciclagem Integradora dos Aspectos Ambientais, Sociais e Economicos**. Rio de Janeiro: DP & A, 2003.

GOUVEA, Bruna S. et. al. **Análise da perda de resistência provocada pelos processos de estonagem em peças confeccionadas em denim**. Química Têxtil, ano 43, nº 136, p. 16-32, out. 2019.

IPC DIGITAL. **Quantos países cabem dentro do Brasil?** Disponível em: <https://ipc.digital/quantos-paises-cabem-dentro-do-brasil/mapa_mundi/> Acesso em: 7 de set. 2020.

JZMUNCK. **Caminhão Munck: conheça todos os acessórios do guindaste**. Disponível em: <<http://jzmunck.com.br/caminhao-munck-conheca-todos-os-acessorios-do-guindaste/>> Acesso em: 6 de set. 2020.

KING, A. M. et. al. Reducing waste: Repair, Recondicion, Remanufacture or Recycle? **International Journal of Sustainable Development**, v.14, n.4, out. 2006, p. 257-267.

MADHU, A.; CHAKRABORTY, J.N. **Developments in application of enzymes for textile processing**. Journal of Cleaner Production, 145. 2017, p.114-133.

MAGELA, G. **Lavanderia e Tinturaria: Índigos e Brins**. São Paulo: Getex, 42p., 2012.

MAHLMEISTER, Eliana Acar Pedro. **Design de moda pós-moderno: o jeans como referência** - Dissertação (Mestrado em Design de Moda) - Universidade Anhembi

Morumbi, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/ANHE_00a20185985276ab80ed8e38516c4d1e> Acesso em: 22 dez. 2020.

MANUAL DA JARDINAGEM. Perlita - Manual da Jardinagem. Disponível em: <<http://manualdejardinagem.blogspot.com/2011/07/perlita.html>> Acesso em: 6 de set. 2020.

MURRAY, R. **Zero Waste**. Londres, Inglaterra: Greenpeace Environmental Trust, 2002.

PEREIRA, R. H. et. al. **Cadernos de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (V. 11)**. Brasília: Instituto de Pesquisa Economica Aplicada, 2019.

PERLINDÚSTRIA. **Criogenic insulation with perlite**. Disponível em: <<https://perlindustria.com/en/division-criogenia/#1470128204515-00f6275c-c2e9>> Acesso em: 06 set. 2020.

PETRUCI, A. Estatística anual de confecções de jeansware no Brasil, Disponível na internet via correio eletrônico: adriana@iemi.com.br. Mensagem recebida em 15/10/20.

PI – PERLITE INSTITUTE. **Perlite as a sludge absorbant**. Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/sludge-absorbent-perlite-v4.pdf>> Acesso em: 06 set. 2020.

PI – PERLITE INSTITUTE. **Perlite as high temperature insulation**. Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/perlite-high-temp-applications.pdf>> Acesso em: 07 set. 2019.

PI – PERLITE INSTITUTE. **Perlite for Lawns and Gardens**: Discover the many practical uses of perlite for outdoor gardening. Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2020/06/Perlite-for-Lawns-Gardens.pdf>> Acesso em: 07 set. 2019.

PI – PERLITE INSTITUTE. **Perlite for use in well cements**. Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2020/07/Well-cement-perlite.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

PI – PERLITE INSTITUTE. **Perlite House**. Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/perlite-house.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

PI – PERLITE INSTITUTE. **Why perlite works**. Disponível em: <<https://www.perlite.org/wp-content/uploads/2018/03/sludge-absorbent-perlite-v4.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

RUTHES, S. et. al. Cooperação na Gestão de Resíduos das Indústrias Metalúrgicas. **Revista de Economia**, v. 33, n.1 (ano 30), p.113-134, jan/jun. 2006.

SASS, Jared P. et. al. Thermal Performance Comparison of Glass Microsphere and Perlite Insulation Systems for Liquid Hydrogen Storage Tanks. *Advances in Cryogenic Engineering: Transactions of the Cryogenic Engineering Conference—CEC*, v. 53, p.1375-1382, mar. 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/258296470_Thermal_Performance_Comparison_of_Glass_Microsphere_and_Perlite_Insulation_Systems_for_Liquid_Hydrogen_Storage_Tanks> Acesso em: 10 abr. 2019.

SULAR, V., KAPLAN, S. Effects of different finishing processes on breaking strength of denim fabrics. **Industria Textila**, v.62, n.6, p. 281-289, 2010.

TIMES OF INDIA. **ESL asked to submit on-site disaster plan**. 13 jun. 2016. Disponível em: <http://timesofindia.indiatimes.com/articleshow/52723852.cms?utm_source=contentofinterest&utm_medium=text&utm_campaign=cppst> Acesso em: 10 abr. 2019.

USGS – United States Geological Survey. **Mineral Commodity Summaries**. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/centers/nmic/mineral-commodity-summaries>> Acesso em: 10 mar. 2019.

VILLANI, C. L., & RIBEIRO, M. d. Sistema Contábil para Gestão da Eco eficiência Empresarial. **Revista Conabilidade & Finanças**, v.20, n.49 20, p. 25-43, abr.2009.

WM – WHITE MARTINS. **Relatório de Sustentabilidade 2011-2012 – Praxair INC**. Disponível em: <<http://www.praxair.com.br/-/media/corporate/praxair-brazil/documents/sd-brazil/relatorio-de-sustentabilidade-20112012.pdf?rev=7a19eefd4de7484d96a52f15c3b81207>> Acesso em: 6 de set. 2020.

ANEXO A – RELATÓRIO DE ANÁLISE REL-009/17



RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO NBR 10.004

RELATÓRIO DE ANÁLISE – REL RA-009/17


Carlos Augusto Santos de Andrade


Anna Silva Torres

22/06/2017



Relatório de Análise – REL RA-009/17

ÍNDICE

	Página
1.0 Informações gerais.....	3
2.0 Objetivo	3
3.0 Resultados	3
4.0 Conclusões.....	9



Relatório de Análise – REL RA-009/17

1.0 INFORMAÇÕES GERAIS:

Empresa: [REDACTED]

Localização: Endereço: [REDACTED]
CNPJ: [REDACTED]

Contato: [REDACTED]

E-mail: [REDACTED]

2.0 OBJETIVO:

Análise de caracterização do resíduo "RESÍDUO DE PERLITA EXPANDIDA E EXAURIDA (data da coleta: 10/05/2017)" - NBR 10004:2004 - Amostra Bruta, Lixiviado e Solubilizado.

3.0 RESULTADOS

Os resultados foram gerados a partir de análises subcontratadas e serão apresentados em tabelas para uma melhor avaliação:

AMOSTRA BRUTA:

Foram realizados ensaios na amostra bruta do resíduo de acordo com a NBR 10004:2004, no qual foi encontrado:

Parâmetro	Resultado (mg/Kg)	Valor de Referência (mg/Kg)	LD (mg/Kg)
Cianeto Livre	nd	Até 250	10,00
Sulfeto de hidrogênio (H ₂ S)	0,6	Até 500	0,100



Relatório de Análise – REL RA-009/17

Parâmetro	Resultado	Valor de Referência	LD
pH	6,00	2 a 12,5	-

Parâmetro	Resultado (°C)	Valor de Referência (°C)	LD (°C)
Ponto de Fulgor	>100	Inferior a 60	-

SOLUBILIZAÇÃO

Foi realizado ensaio de solubilização no resíduo de acordo com a NBR 10004:2004, no qual foi encontrado:

Agrotóxicos

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD mg/L)
Alfa Clordano	nd	até 0,0002	1e-005
Gama Clordano	nd	até 0,0002	1e-005
Clordano (total)	nd	0,0002	-
Heptacloro	nd	até 0,00003	1e-005
Heptacloro-epóxido	nd	até 0,00003	1e-005
Heptacloro/Heptacloro-epóxido	nd	0,00003	-
Metoxicloro	nd	até 0,02	1e-005

SVOC

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Aldrin	nd	até 0,00003	1e-005
Dieldrin	nd	até 0,00003	1e-005
Aldrin/ Dieldrin (Soma)	nd	até 0,00003	-
Endrin	nd	até 0,0006	1e-005



SOLUÇÕES AMBIENTAIS COMPLETAS

Relatório de Análise – REL RA-009/17

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Hexaclorobenzeno (HCB)	nd	até 0,001	1e-005
Lindano (gama-HCH)	nd	até 0,002	1e-005
4,4'-DDD	nd	até 0,002	1e-005
4,4'-DDE	nd	até 0,002	1e-005
4,4'-DDT	nd	até 0,002	1e-005
DDD + DDE + DDT	nd	0,002	-

Herbicidas

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
2,4,5-T	nd	até 0,002	0,0003
2,4,5-TP	nd	até 0,03	0,0003
2,4-D	nd	até 0,03	0,0003

Toxafeno

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Toxafeno (soma de congêneres)	nd	até 0,005	0,0025

Análises de Colorimetria

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Cloretos	3,0	até 250	0,2
Sulfato	n.d.	até 250	5
Nitrato (como N)	0,33	até 10	0,01
Surfactantes aniônicos (MBAS)	0,55	até 0,5	0,01
Índice de fenol	0,019	até 0,01	0,001
Cianeto	0,0020	até 0,07	0,0005
Fluoreto	33,2	até 1,5	0,1



SOLUÇÕES AMBIENTAIS COMPLETAS

Relatório de Análise – REL RA-009/17

Análises de Metais

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Mercúrio (Hg)	<0,0005	até 0,001	0,0002
Alumínio (Al)	8,718	até 0,2	0,01
Arsênio (As)	0,010	até 0,01	0,002
Bário (Ba)	nd	até 0,7	0,005
Cádmio (Cd)	nd	até 0,005	0,001
Chumbo (Pb)	nd	até 0,01	0,002
Cobre (Cu)	0,018	até 2	0,001
Cromo (Cr)	<0,006	até 0,05	0,002
Ferro (Fe)	0,283	até 0,3	0,01
Manganês (Mn)	0,167	até 0,1	0,002
Prata (Ag)	<0,03	até 0,05	0,001
Selênio (Se)	nd	até 0,01	0,002
Sódio (Na)	26,095	até 200	0,25
Zinco (Zn)	0,045	até 5	0,002

LIXIVIADO:

Foi realizado ensaio de lixiviação no resíduo de acordo com a NBR 10004:2004, no qual foi encontrado:

Análises de Solvente

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
2-Butanona (Metiletilcetona)	nd	até 200	0,25

VOC

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
1,1-Dicloroetano	nd	até 3	0,001
1,2-Dicloroetano	nd	até 1	0,001
1,4-diclorobenzeno	nd	até 7,5	0,001

Estrada da Boa Esperança, 650 - parte. Belford Roxo, RJ. CEP 26110-120
 Tel +55 (21) 3664 6726. sac@haztec.com.br . www.haztec.com.br
 FORM-COM-023/00

Relatório de Análise – REL RA-009/17

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Benzeno	nd	até 0,5	0,001
Cloro de vinila	nd	até 0,5	0,001
Clorobenzeno (monoclorobenzeno)	nd	até 100	0,001
Clorofórmio (Triclorometano)	0,0108	até 6	0,005
Hexaclorobutadieno	nd	até 0,5	0,001
Tetracloro de Carbono	nd	até 0,2	0,001
Tetracloroetano (Tetracloroetileno)	0,0019	até 4	0,001
Tricloroetano (Tricloroetileno)	nd	até 7	0,001

Agrotóxicos

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD mg/L
Alfa Clordano	nd	até 0,02	1e-005
Gama Clordano	nd	até 0,02	1e-005
Clordano (total)	nd	-	-
Heptacloro	nd	até 0,003	1e-005
Heptacloro-epóxido	nd	até 0,003	1e-005
Heptacloro/Heptacloro-epóxido	nd	0,003	-
Metoxicloro	nd	até 2	1e-005

SVOC

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Hexaclorobenzeno (HCB)	nd	até 0,1	1e-005
4,4'-DDD	nd	até 0,2	1e-005
4,4'-DDE	nd	até 0,2	1e-005
4,4'-DDT	nd	até 0,2	1e-005
DDD + DDE + DDT	nd	até 0,2	-
Aldrin	nd	até 0,003	1e-005
Dieldrin	nd	até 0,003	1e-005
Aldrin/ Dieldrin (Soma)	nd	até 0,003	-
Endrin	nd	até 0,06	1e-005
Lindano (gama-HCH)	nd	até 0,2	1e-005

Relatório de Análise – REL RA-009/17

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
2-metilfenol (o-cresol)	nd	até 200	0,00066
3-metilfenol (m-cresol)	nd	até 200	0,00066
4-metilfenol (p-cresol)	nd	até 200	0,00066
Cresóis (soma)	nd	até 200	-
2,4,5-triclorofenol	nd	até 400	0,00066
2,4,6-triclorofenol	nd	até 20	0,00066
Pentaclorofenol	nd	até 0,9	0,00066
Benzo (a) pireno	<0,00003	até 0,07	1e-005

Análises de Compostos Leves Básicos e Neutros

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
2,4-Dinitrotolueno	nd	até 0,13	0,04
Hexacloroetano	nd	até 3	0,02
Nitrobenzeno	nd	até 2	0,02
Piridina	nd	até 5	0,02

Herbicidas

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
2,4,5-T	nd	até 0,2	0,0003
2,4,5-TP	nd	até 1	0,0003
2,4-D	nd	até 3	0,0003

Toxafeno

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Toxafeno (soma de congêneres)	nd	até 0,5	0,0025



SOLUÇÕES AMBIENTAIS COMPLETAS

Relatório de Análise – REL RA-009/17

Análises de Metais

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Mercúrio (Hg)	<0,0005	até 0,1	0,0002
Arsênio (As)	0,070	até 1	0,01
Bário (Ba)	<0,05	até 70	0,02
Cádmio (Cd)	nd	até 0,5	0,003
Chumbo (Pb)	nd	até 1,0	0,01
Cromo (Cr)	<0,02	até 5,0	0,01
Prata (Ag)	nd	até 5	0,003
Selênio (Se)	nd	até 1	0,01

Análises de Colorimetria

Parâmetro	Resultado (mg/L)	Valor de Referência (mg/L)	LD (mg/L)
Fluoreto	38,0	Até 150	0,1

4.0 CONCLUSÕES

- Conforme a NBR 10004:2004 e de acordo com os ensaios solicitados pelo cliente realizados no resíduo, sugere-se que o resíduo seja classificado como "Resíduo não inerte – classe II A".
- Para uma classificação definitiva o gerador deverá avaliar os anexos A e B da referida norma, conforme seu processo de geração do resíduo.

ANEXO B – COMUNICAÇÃO DA EMPRESA RECEPTORA REFERENTE UTILIZAÇÃO DA PERLITA



São Paulo, 18 de novembro de 2020.

À

Quem interessar possa.

Ref. Declaração para fins acadêmicos

Prezados Senhores,

Ao longo do ano de 2017 a nossa empresa NEWCO BRASIL IND LTDA, naquele momento sediada a rua Miracema 554 chácara reunidas município de São Jose dos Campos -SP, iniciou através da White Martins, uma reutilização de material que seriam descartados pela empresa.

Encontramos então várias aplicações para o descarte da perlita expandida, e iniciamos coletando da empresa no rio de janeiro, e depois de outras unidades de minas gerais e espirito santo, essa operação foi mantida até início de 2019, chegamos inclusive a ganhar licitações da FAFEM (Petrobras) em curitiba e de lá também retiramos bastante material.

Como não temos mais os registros fica difícil atribuir uma quantidade, porém asseguro que mais de 200 ton. foram reprocessadas e comercializadas em nossos clientes ao longo desse período.

A NEWCo agregava a essa perlita, surfactantes e outros produtos químicos para atender as demandas e necessidades das lavanderias industriais no acabamento dos Jeans em todo território nacional. Essas informações foram adquiridas por uma multinacional Brasileira e são hoje propriedade intelectual dessa Empresa e são confidenciais.



Infelizmente os manifestos de carga que foram utilizados naquele momento não estão mais disponíveis, visto que as operações da NEWCO Brasil foram alteradas em meados de 2019 – e os arquivos não fiscais foram queimados.

Todos os clientes da NEWCo Brasil são basicamente lavanderias industriais que beneficiam confecções de jeans.

Declaro acima verdadeira as informações.

Amauri Marengoni
Socio-proprietário da NEWCo Brasil.

Atenciosamente,

NEWCO BRASIL INDUSTRIAL LTDA.