



**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ESPUMA
DE POLIURETANO NA PRODUÇÃO DE
BRIQUETES MISTOS COM EUCALIPTO
PARA GERAÇÃO DE ENERGIA**



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2022 010353 4

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 01567601000143

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: UFG, PRÉDIO DA REITORIA, CAMPUS SAMAMBAIA

Cidade: Goiânia

Estado: GO

CEP: 74690-900

País: Brasil

Telefone: (62)3521 2043

Fax: (62)3521 2023

Email: dpitt.ufg@gmail.com

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO NA PRODUÇÃO DE BRIQUETES MISTOS COM EUCALIPTO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Resumo: O setor industrial é responsável pelo desenvolvimento econômico do país, entretanto os processos industriais demandam formas alternativas de otimização energética. Ainda, diante da preocupação com as questões ambientais, busca-se soluções para um melhor aproveitamento dos resíduos e redução de impactos ambientais. Este projeto tem como objetivo geral analisar a viabilidade da produção de briquetes a partir da avaliação das características energéticas e de qualidade, considerando diferentes proporções da mistura de espuma de poliuretano e madeira de eucalipto. Foram utilizados 5 tratamentos: T1 (100% espuma de poliuretano), T2 (100% eucalipto), T3 (50% espuma de poliuretano e 50% eucalipto), T4 (25% eucalipto e 75% espuma de poliuretano), T5 (75% eucalipto e 25% espuma de poliuretano) e avaliações físico-mecânicas e energéticas do briquete formado. Os briquetes constituídos de 50% espuma de poliuretano e 50% eucalipto apresentaram-se energeticamente viáveis e com características de resistência à tração por compressão e durabilidade em níveis satisfatórios ao transporte e armazenamento desse material sem que ocorram perdas em sua composição.

Figura a publicar: 01

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 2

Nome: LEANDRO TELES E LEMES

CPF: 00563338113

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Mestrando

Endereço: RUA T-28, 1581, APT. 1404, ED. PONTAL PREMIUM BUENO,
SETOR BUENO

Cidade: Goiânia

Estado: GO

CEP: 74210-040

País: BRASIL

Telefone: (62) 359 80218

Fax:

Email: leandroteles@discente.ufg.br

Inventor 2 de 2

Nome: JONAS BERTHOLDI

CPF: 05078633995

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: AV. BRASIL,

Cidade: Aparecida de Goiânia

Estado: GO

CEP: 74976-020

País: BRASIL

Telefone: (62) 981 204953

Fax:

Email: bertholdi@ufg.br

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Resumo	Resumo.pdf
Relatório Descritivo	Relat__rio_descritivo.pdf
Reivindicação	Reivindica____es1.pdf
Desenho	Desenhos.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- ☒ Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- ☒ Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

RESUMO**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO NA PRODUÇÃO DE BRIQUETES MISTOS COM EUCALIPTO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA**

O setor industrial é responsável pelo desenvolvimento econômico do país, entretanto os processos industriais demandam formas alternativas de otimização energética. Ainda, diante da preocupação com as questões ambientais, busca-se soluções para um melhor aproveitamento dos resíduos e redução de impactos ambientais. Este projeto tem como objetivo geral analisar a viabilidade da produção de briquetes a partir da avaliação das características energéticas e de qualidade, considerando diferentes proporções da mistura de espuma de poliuretano e madeira de eucalipto. Foram utilizados 5 tratamentos: T1 (100% espuma de poliuretano), T2 (100% eucalipto), T3 (50% espuma de poliuretano e 50% eucalipto), T4 (25% eucalipto e 75% espuma de poliuretano), T5 (75% eucalipto e 25% espuma de poliuretano) e avaliações físico-mecânicas e energéticas do briquete formado. Os briquetes constituídos de 50% espuma de poliuretano e 50% eucalipto apresentaram-se energeticamente viáveis e com características de resistência à tração por compressão e durabilidade em níveis satisfatórios ao transporte e armazenamento desse material sem que ocorram perdas em sua composição.

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE ESPUMA DE POLIURETANO NA PRODUÇÃO DE BRIQUETES MISTOS COM EUCALIPTO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Campo da invenção

[001] A presente invenção tem como objetivo geral analisar a viabilidade da produção de briquetes a partir da avaliação das características energéticas e de qualidade, considerando diferentes proporções da mistura de espuma de poliuretano e madeira de eucalipto. Foram utilizados 5 tratamentos: T1 (100% espuma de poliuretano), T2 (100% eucalipto), T3 (50% espuma de poliuretano e 50% eucalipto), T4 (25% eucalipto e 75% espuma de poliuretano), T5 (75% eucalipto e 25% espuma de poliuretano) e avaliações físico-mecânicas e energéticas do briquete formado.

Fundamentos da invenção

[002] No atual estado da técnica, existem vários documentos de patentes que apresentam processos de reaproveitamento de resíduos como, por exemplo, a anterioridade PI 9400622-9 A, que descreve um processo de incineração de resíduos e co-geração de energia combinados no processo de fabricação de clínquer Portland. Ou seja, em que pese ser reaproveitamento de resíduos para geração de energia, o processo utiliza materiais de misturas curas (calcário, argilas e outros minerais à base de ferro e alumínio) diferente da invenção ora descrita.

[003] Outra anterioridade encontrada de um processo tecnológico padronizado para aproveitamento de resíduo industrial para geração de energia registrada PI0704372-4 A2, utiliza resíduo gerado em laticínios que levado à caldeira e transformado em óleo misturado à lenha, potencializa a geração de vapor e energia, diferente do processo e produto ora apresentado tanto no resíduo quanto na geração de energia desta presente invenção.

[004] Foram encontrados documentos de patentes que descrevem diferentes tecnologias e processos de reaproveitamento de resíduos industriais, entretanto, cada um utilizou resíduos diferentes do que foi realizado no presente processo. Os resíduos utilizados nesta invenção são provenientes de uma cadeia muito específica, vinculada a área industrial e de construção

civil. Todas as patentes registradas apresentaram processos de reaproveitamento de resíduos, entretanto, nenhuma diz respeito a uma combinação mista de espuma de poliuretano e a biomassa do eucalipto para concepção de um produto densificado, com potencial energético e facilidades logísticas. Tal diferencial, traz para a invenção uma solução que afete positivamente o meio ambiente, bem como o desenvolvimento de produto de utilização pertinente em caldeiras para combustão com alta capacidade de geração de energia.

[005] A indústria enfrenta grandes problemas quando a questão é descarte e finalidade de seus resíduos. Ressalta-se a importância de fontes alternativas para a utilização da matéria destes subprodutos gerados pelas indústrias. A necessidade de encontrar fontes alternativas de energia de baixo custo e que preserve o meio ambiente vem sendo um dos desafios para a indústria, sendo o processo em questão uma tecnologia capaz de atender à essa demanda. Neste contexto, propõe-se a utilização alternativa de resíduos de espuma de poliuretano associada à madeira de eucalipto para formação de briquetes mistos de elevado incremento energético e economicamente viáveis, uma vez que são utilizados materiais residuais em sua caracterização estrutural. A proposição é única e diverge das tecnologias de aproveitamento energético vigentes. Trata-se, portanto, de um processo tecnológico para formação de um briquete misto de espuma industrial e madeira de eucalipto, considerando o tratamento ideal (T3: 50% de espuma de poliuretano e 50% de eucalipto) para otimização energética e manutenção da qualidade físico mecânica do briquete.

Breve descrição dos desenhos

A **Figura 1** apresenta a vista frontal de um briquete produzido em cada tratamento.

A **Figura 2** ilustra a vista superior dos briquetes produzidos e seus tratamentos

A **Figura 3** a) e b) indica a utilização de briquetadeira laboratorial e briquete produzido.

A **Figura 4** apresenta o gráfico comparativo entre teor de umidade e poder calorífico inferior nos tratamentos produzidos.

A **Figura 5** apresenta o gráfico comparativo entre densidade aparente e expansão longitudinal nos tratamentos produzidos.

A **Figura 6** apresenta o gráfico comparativo entre densidade aparente e resistência mecânica para os tratamentos produzidos.

A **Figura 7** indica a plotagem de contorno de densidade aparente entre os parâmetros de resistência e expansão longitudinal.

A **Figura 8** apresenta o aspecto do briquete produzido no tratamento 3 (50% de espuma de poliuretano e 50% de madeira de eucalipto).

Descrição da invenção

[006] Para o processo tecnológico para formação de um briquete misto de espuma industrial e madeira de eucalipto, as amostras de espuma de poliuretano foram coletadas nas instalações de uma empresa de gerenciamento de resíduos perigosos de Goiás e encaminhadas até o Laboratório de Qualidade da Madeira e Bioenergia (LQMBIO) do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Goiás para procedimentos de análise e validação das características físico-mecânicas e energéticas dos materiais.

[007] Para a compactação do material, foi ajustado o teor de umidade para 12% das amostras para posterior briquetagem em briquetadeira laboratorial, conforme figura 3, na temperatura de 120° C, pressão 140 kgf.cm⁻², tempo de compactação de 5 minutos e resfriamento de 10 minutos. O teor de umidade de 12% foi escolhido por estar dentro da faixa considerada ideal para a fabricação de briquetes (Konishi *et al.*, 2011) e as condições de briquetagem foram definidas experimentalmente a partir de testes preliminares de tempo de prensagem e de resfriamento, sendo escolhidos aqueles em que os briquetes apresentaram as melhores formações, conforme proposto por Vilas Boas (2011). A pressão exercida esteve dentro da faixa utilizada por diversos trabalhos (Quirino *et al.*, 2012) e a temperatura teve como objetivo a plasticização da lignina (Chen, Xing e Hana, 2009), atuando como ligante natural das partículas durante a compactação.

[008] Foram produzidos 5 briquetes (repetições) para cada tratamento, totalizando 25 briquetes, utilizando-se 50 gramas de material, de acordo com os tratamentos: (i) T1: 100% espuma de poliuretano, (ii) T2: 100% eucalipto, (iii) T3: 50% de espuma de poliuretano e 50%

de eucalipto, (iv) T4: 25% de eucalipto e 75% de espuma de poliuretano e (v) T5: 75% de eucalipto e 25% de espuma de poliuretano. Posteriormente, ocorreu a execução das demais análises, em acordo com a parametrização apresentada a seguir.

[009] Para a determinação da análise imediata, composta pelo teor de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, será utilizada parte da fração retida na peneira de 60 *mesh* que foi seca (0%). Os ensaios de teor de voláteis e teor de cinzas foram realizados com três repetições, utilizando cadinhos de porcelana previamente calcinados.

[0010] O teor de voláteis será baseado na norma E872-82 (ASTM, 2013). Em cada cadinho e tampa de massas conhecidas, foi colocado aproximadamente 1,0 grama de material, sendo levado para a mufla a 900 °C, permanecendo em seu interior durante três minutos com a porta da mufla aberta e nos próximos sete minutos com a porta fechada. Por fim o cadinho será resfriado em dessecador por 30 minutos e pesado em temperatura ambiente. O teor de voláteis foi calculado conforme a Equação 1.

$$MV = \frac{M_i - M_f}{M_a} \times 100\% \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

MV: Teor de materiais voláteis da biomassa (%);

Mi: Massa inicial do cadinho + amostra (g);

Mf: Massa final do cadinho + amostra (g);

Ma: massa da amostra (g).

[0011] O teor de cinzas será realizado conforme a norma D1102-84.34 (ASTM, 2013). Assim como no teor de voláteis, aproximadamente 1,0 grama de biomassa foram adicionados em cada cadinho, sem tampa. O cadinho com a biomassa será inserido na mufla em 600 °C por cinco horas. Posteriormente, foi resfriado em dessecador e pesado em temperatura ambiente, sendo o cálculo do teor de cinzas calculado pela Equação 2.

$$CZ = \frac{M_f - M_c}{M_a} \times 100\% \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

CZ: Teor de cinzas no carvão, em %;

Mf: Massa final do cadinho + amostra (g);

Mc: Massa do cadinho (g);

Ma: amostra inicial (g).

[0012] O teor de carbono fixo é uma medida indireta, dependente dos teores de materiais voláteis e teor de cinzas para sua determinação, obtido através da Equação 3.

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

CF = Teor de carbono fixo (%);

CZ = Teor de cinzas (%);

MV = Teor de materiais voláteis (%).

[0013] O material retido na malha de 60 *mesh* será utilizado para a determinação da densidade a granel, de acordo com a metodologia estabelecida na norma NBR 6922 (ABNT, 1981): relação da massa do material analisado e o volume conhecido de um recipiente (Equação 4).

$$DG = \frac{Ma}{Vr} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que:

DG = Densidade à granel (kg/m³)

Ma = Massa da amostra (kg);

Vr = Volume do recipiente (m³).

[0014] O poder calorífico superior será determinado por meio de uma bomba calorimétrica marca IKA WORKS, modelo C-200, conforme a Norma NBR 8633 (ABNT, 1984). O poder calorífico inferior na base seca (PCI, MJ/kg): estimado com base no PCS (MJ/kg) e conteúdo de hidrogênio (H, convencionado 6%) será determinado por meio da equação 5.

$$PCI = PCS - 600 \times (9H/1000) \quad \text{Eq. 5}$$

[0015] O poder calorífico útil foi determinado por meio da equação 6.

$$PCU = PCI - (6 \times U) \quad \text{Eq. 6}$$

Em que:

PCU: Poder calorífico Útil (MJ/kg);

U %: Teor de umidade em %.

PCI: Poder calorífico inferior (MJ/kg).

[0016] O teor de umidade será obtido de acordo com a norma ABNT NBR 14929 (ABNT, 2003) determinado de acordo com a equação 7.

$$U = \frac{M_i - M_f}{M_f \times 100} \quad \text{Eq. 7}$$

Em que:

U: Teor de umidade (%);

Mi: Massa inicial (g);

Mf: Massa final (g).

[0017] A densidade aparente dos briquetes será determinada em cinco briquetes por tratamento, através do método gravimétrico, utilizando-se um paquímetro para a determinação do volume e uma balança com resolução de 0,001 grama para obtenção da massa. Com as médias finais de altura e diâmetro de cada tratamento obteve-se o volume total. A densidade aparente de cada briquete será obtida através da equação 8, tendo sido determinado o volume individual pela equação 9.

$$D(ap) = \frac{M_i}{V} \quad \text{Eq. 8}$$

Em que:

D(ap) = densidade aparente em g/cm³;

M i= massa inicial em g;

V = volume em cm³.

$$V = \frac{\pi}{4d^2L} \quad \text{Eq. 9}$$

Em que:

V= volume em g/cm³;

d= diâmetro em cm;

L= altura em cm.

[0018]A expansão volumétrica de cinco briquetes/tratamento será calculada pela mensuração da altura e do diâmetro, com o auxílio de um paquímetro digital, e pelo volume em dois momentos diferentes: (i) imediatamente após a briquetagem e (ii) 96 horas após a briquetagem – intervalo de tempo necessário para a estabilização dimensional. Os briquetes foram acondicionados em sacos plásticos para que não houvesse interferência e/ou alteração de umidade devido a fatores ambientais externos.

[0019]A resistência a tração por compressão diametral (resistência estática) será realizada em cinco briquetes de cada tratamento: os ensaios foram realizados em uma máquina universal de ensaios EMIC - DL30000, do laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, com célula de carga de 500 kgf, a uma velocidade constante de 0,3 MPa/s, onde uma carga em sentido transversal é aplicada sobre as amostras. O ensaio será definido a partir de uma adaptação da norma NBR 7222/1994 (ABNT, 1994) para determinação da resistência a tração por compressão diametral em amostras cilíndricas de concreto e argamassa.

[0020]Os cinco briquetes de cada tratamento, que não foram utilizados no ensaio de compressão, serão pesados para a obtenção da massa inicial e levados a um agitador orbital de peneiras, permanecendo por 5 minutos, a 80 rotações por minutos. Após este

procedimento, os briquetes serão novamente pesados e obtida a massa final para o cálculo da durabilidade (resistência mecânica dinâmica) dos briquetes, de acordo com a perda de massa, através da equação 10.

$$Dur = 100 - \left[\frac{mid - mfd}{mid} \times 100\% \right] \quad \text{Eq. 10}$$

Em que:

Dur: Durabilidade do pellet em %;

Mid: Massa inicial da amostra (g);

Mfd: Massa final da amostra (g).

[0021]A densidade energética será calculada multiplicando-se o poder calorífico superior pela densidade a granel do resíduo, por meio da seguinte equação 11.

$$DE = PCS \times D_g \quad \text{Eq. 11}$$

Em que:

DE: Densidade energética (MJ/m³);

PCS: Poder calorífico superior (kJ/kg);

D_g: Densidade a granel (kg/m³).

Exemplos de concretizações da invenção

[0022]Foram produzidos 5 briquetes para cada tratamento, totalizando 25 briquetes, utilizando-se 50 gramas de material, de acordo com os tratamentos: (i) T1: 100% espuma industrial, (ii) T2: 100% eucalipto, (iii) T3: 50% de espuma industrial e 50% de eucalipto, (iv) T4: 25% de eucalipto e 75% de espuma industrial e (v) T5: 75% de eucalipto e 25% de espuma industrial, conforme evidenciado nas figuras 1, 2, 3, seção de desenhos.

[0023]A análise da parametrização energética dos briquetes formados é essencial na verificação da capacidade de combustão dos materiais, principalmente se comparada a materiais *in natura* e não densificados. É pertinente, ainda, na verificação da melhor

estratégia de produção em escala industrial a partir das combinações de elementos estruturais. A Tabela 1 apresenta os valores médios dos parâmetros energéticos dos briquetes formados, em todos os tratamentos realizados.

[0024]Tabela 1. Médias para os parâmetros energéticos dos briquetes formados.

Tratamento	U (%)	DA (kg.m ⁻³)	PCI (MJ.kg ⁻¹)	DE (MJ/m ⁻³)
1 (100% Espuma)	6,25 e	889,21 d	23,24 a	20.673,52 a
2 (100% Eucalipto)	10,81 a	1.238,26 a	15,71 e	19.458,45 b
3 (50% Espuma e 50% Eucalipto)	8,26 c	1.029,76 c	19,63 c	20.215,31 a
4 (75% Espuma e 25% Eucalipto)	7,21 d	901,24 d	21,63 b	19.502,88 b
5 (25% Espuma e 75% Eucalipto)	9,46 b	1.139,20 b	17,03 d	19.408,65 b
Média	8,40	10,39	19,45	19.851,76

Legenda: U = Teor de Umidade; DA = Densidade Aparente; PCI = Poder Calorífico Inferior; DE = Densidade Energética. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de significância.

[0025]A utilização combinada de espuma de poliuretano e madeira de eucalipto favorece a correção do parâmetro de umidade (U) e viabiliza a produção de briquetes com melhor resposta à ação de combustão. Neste mesmo sentido, verifica-se que, em decorrência da divergência na composição estrutural das matérias primas utilizadas (Tratamentos 1 e 2), o resultado para os parâmetros de densidade aparente (DA) divergem estatisticamente e podem ser corrigidos a partir da estruturação combinada dos materiais, proposta no Tratamento 3.

[0026]Os resultados para o parâmetro de poder calorífico inferior (PCI) demonstram o incremento energético do briquete formado a partir da utilização da espuma de poliuretano e reforça a hipótese de utilização alternativa desse material para composição do produto final. Verifica-se, ainda, similaridade estatística entre os resultados analíticos para o padrão de densidade energética.

[0027]A análise da parametrização físico-mecânica dos briquetes é pertinente e necessária para o dimensionamento das operações logísticas envolvendo a armazenagem, movimentação e o transporte do briquete formado para as cadeias de consumo. Envolve, portanto, a avaliação de elementos de dureza (friabilidade), expansão volumétrica e

resistência física dos materiais. A Tabela 2 apresenta as médias obtidas nos tratamentos realizados.

[0028]Tabela 2. Médias para os parâmetros físico-mecânicos dos briquetes formados.

Tratamento	EL (%)	FRI (%)	RTCD (MPa)
1 (100% Espuma)	0,87 a	99,08 a	0,74 a
2 (100% Eucalipto)	0,27 d	99,94 a	7,02 e
3 (50% Espuma e 50% Eucalipto)	0,59 b	99,35 a	1,72 c
4 (75% Espuma e 25% Eucalipto)	0,66 bc	99,50 a	1,13 b
5 (25% Espuma e 75% Eucalipto)	0,50 c	99,59 a	3,11 d
Média	0,57	99,49	2,75

Legenda: EL = Expansão Longitudinal – 96h; FRI= Friabilidade RTCD = Resistência à Tração por Compressão Diametral. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de significância.

[0029] Os tratamentos 1 (100% espuma) e 2 (100% eucalipto) apresentaram variação da expansão longitudinal (EL). A maior expansão dos briquetes com 100% de espuma de poliuretano está relacionada à composição química inerente à sua formulação. A combinação de 50% de compostos de madeira de eucalipto com 50% de espuma de poliuretano, proposta no tratamento 3, favorece a diminuição da variação volumétrica e estabiliza a produção do material.

[0030] Os valores de friabilidade (FRI) nos tratamentos realizados não diferem estatisticamente entre si. No que diz respeito aos ensaios de resistência à tração por compressão diametral (RTCD), verifica-se que a utilização da espuma de poliuretano modera a capacidade resistiva dos briquetes mistos (tratamentos 3, 4 e 5), haja vista a composição pouco densificada da espuma, se comparada à madeira *in natura*.

[0031] Na análise de correlação entre os parâmetros, evidencia-se que quanto maior o parâmetro de umidade detectado, menor o poder calorífico inferior obtido. Essa relação é importante para avaliação da adição da espuma de poliuretano, uma vez que o material corrige o índice de umidade presente na biomassa utilizada e favorece à formação de

briquetes de melhor eficiência energética. A figura 4, seção desenhos, demonstra esse comportamento.

[0032] A partir da análise dos dados, têm-se que a expansão longitudinal do briquete formado detém maior impacto nos intervalos de menor densidade aparente, conforme pode ser evidenciado na figura 5, seção desenhos. A utilização mista de biomassa e espuma de poliuretano mostrou-se viável à correção dos parâmetros de densidade aparente a níveis satisfatórios para viabilidade de produção do material em escala industrial.

[0033] Em relação à parametrização para resistência à tração por compressão diametral, verifica-se que densidade aparente impacta de forma divergente na resistência. A figura 6, seção desenhos, demonstra que o incremento na densidade aparente favorece a maiores resultados para o parâmetro de resistência. Da mesma forma, a utilização combinada de materiais mostra-se pertinente, uma vez que vislumbra a obtenção de um produto com características intermediárias à mera utilização individual de biomassa. A utilização combinada dos materiais previne a disposição da espuma industrial em aterros, o que evita a ocupação do solo, promove o aumento da vida útil dos aterros e agrega características de sustentabilidade ambiental e energética ao projeto.

[0034] Na plotagem de contorno entre os parâmetros de expansão longitudinal e resistência à tração por compressão diametral (figura 7, seção desenhos) correlacionados com a densidade aparente, verifica-se que a medida que a densidade é corrigida, a expansão longitudinal do briquete formado é suprimida ao tempo que a resistência mecânica do produto final é incrementada. O tratamento 3 (50% de espuma industrial e 50% de eucalipto) favorece o cenário ideal para produção dos briquetes em escala industrial, uma vez que equilibra as discordâncias entre as matérias primas propostas no experimento.

[0035] Em sua obra, Gonçalves *et al.* (2009) abordam a produção de briquetes com rejeitos de resíduos sólidos urbanos em concentrações de 5%, 10%, 15%, 20% e 25% na mistura com resíduos madeireiros, analisados a partir de parâmetros de combustibilidade, resistência e energia utilizável. Os resultados experimentais mostraram que a adição de resíduo sólido urbano favorece o incremento do poder calorífico do briquete similar ao obtido neste estudo, porém a briquetagem das misturas se mostrou insatisfatória para os briquetes

com 5% e 10% do material alternativo, pois, além de obterem as menores taxas de energia, mostraram-se quebradiços e com baixa resistência.

[0036] Ainda, em estudo com misturas incomuns de resíduos, Petricoski (2017), aborda a produção de briquetes a partir de misturas de Resíduos de Podas Urbanas - RPU, glicerina e bagaço de mandioca (*Manihot esculenta*). Foram realizados quatro tratamentos diferenciados (T1 (100% RPU), T2 (92% RPU e 8% Bagaço de mandioca), T3 (97% RPU e 3% Glicerina), T4 (89% RPU, 8% Bagaço de mandioca e 3% Glicerina) e T5 (94,5% RPU, 4% Bagaço de mandioca e 1,5% Glicerina) e posteriores análises de parâmetros físicos, químicos e energéticos dos briquetes. Os resultados demonstraram que os tratamentos T1, T2 e T3 foram mais adequados, produzindo briquetes com características em acordo com as especificações do mercado e grande potencial energético. Trata-se de um estudo relevante pois integra na composição do briquete a glicerina, resíduo industrial de alta carga poluidora em uma mistura com biomassa.

[0037] A utilização de resíduos sólidos em processos alternativos de fabricação de produtos energéticos favorece o aumento da vida útil dos aterros (redução na utilização e ocupação dos aterros com materiais propensos à recuperação energética), além da possibilidade de criação de um produto combustível alternativo. O reaproveitamento da energia derivada de resíduos apresenta um importante papel no gerenciamento de resíduos e de recursos. Além disso, o processo indica possibilidade de menor custo no processo de produção de briquetes, uma vez que utiliza materiais sem valor comercial como matéria prima (resíduos sólidos industriais).

[0038] Os resultados deste trabalho evidenciam um roteiro inicial na busca de soluções sustentáveis para o aproveitamento dos resíduos industriais e para a preservação do ambiente. O tratamento 3 (50% de espuma de poliuretano e 50% de madeira de eucalipto), conforme evidencia a figura 8, seção desenhos, mostra-se tecnicamente viável para composição do briquete misto, uma vez que se corrigem parâmetros discordantes entre as matérias primas utilizadas.

REINVINDICAÇÕES

1. PROCESSO TECNOLÓGICO PARA PROCESSO TECNOLÓGICO PARA FORMAÇÃO DE BRIQUETE MISTO DE ESPUMA DE POLIURETANO E MADEIRA DE EUCALIPTO constituído pelo tratamento ideal (T3: 50% de espuma de poliuretano e 50% de eucalipto) para otimização energética e manutenção da qualidade físico mecânica do briquete, bem como otimização logística das condições de transporte e armazenamento temporário em decorrência da densificação conjunta das matérias primas utilizadas.

2. PROCESSO TECNOLÓGICO PARA PROCESSO TECNOLÓGICO PARA FORMAÇÃO DE BRIQUETE MISTO DE ESPUMA DE POLIURETANO E MADEIRA DE EUCALIPTO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela repetição de 5 briquetes para cada tratamento, totalizando 25 briquetes, utilizando-se 50 gramas de material, de acordo com os tratamentos: (i) T1: 100% espuma de poliuretano, (ii) T2: 100% eucalipto, (iii) T3: 50% de espuma de poliuretano e 50% de eucalipto, (iv) T4: 25% de eucalipto e 75% de espuma de poliuretano e (v) T5: 75% de eucalipto e 25% de espuma de poliuretano, produzidos a partir de ajuste de umidade das amostras em 12% para posterior briquetagem em briquetadeira laboratorial, na temperatura de 120° C, pressão 140 kgf.cm⁻², tempo de compactação de 5 minutos e resfriamento de 10 minutos.

3. PROCESSO TECNOLÓGICO PARA PROCESSO TECNOLÓGICO PARA FORMAÇÃO DE BRIQUETE MISTO DE ESPUMA DE POLIURETANO E MADEIRA DE EUCALIPTO de acordo com a reivindicação 1 e 2, caracterizado pela utilização alternativa de resíduos de espuma de poliuretano associado à madeira de eucalipto para formação de briquetes mistos de elevado incremento energético e economicamente viáveis, uma vez que são utilizados materiais residuais em sua composição estrutural.

4. PROCESSO TECNOLÓGICO PARA PROCESSO TECNOLÓGICO PARA FORMAÇÃO DE BRIQUETE MISTO DE ESPUMA DE POLIURETANO E MADEIRA DE EUCALIPTO caracterizado por ser aplicável a utilização em usinas sucroalcooleiras, unidades industriais de pequeno, médio e grande porte, que demandem soluções econômicas para utilização de energia térmica, além de outras interessadas no combustível produzido, por ser classificado por seu menor custo devido à sua base proveniente de resíduos e garantia de um produto mais sustentável atrelado à cadeia de produção.

DESENHOS



Figura 1



Figura 2

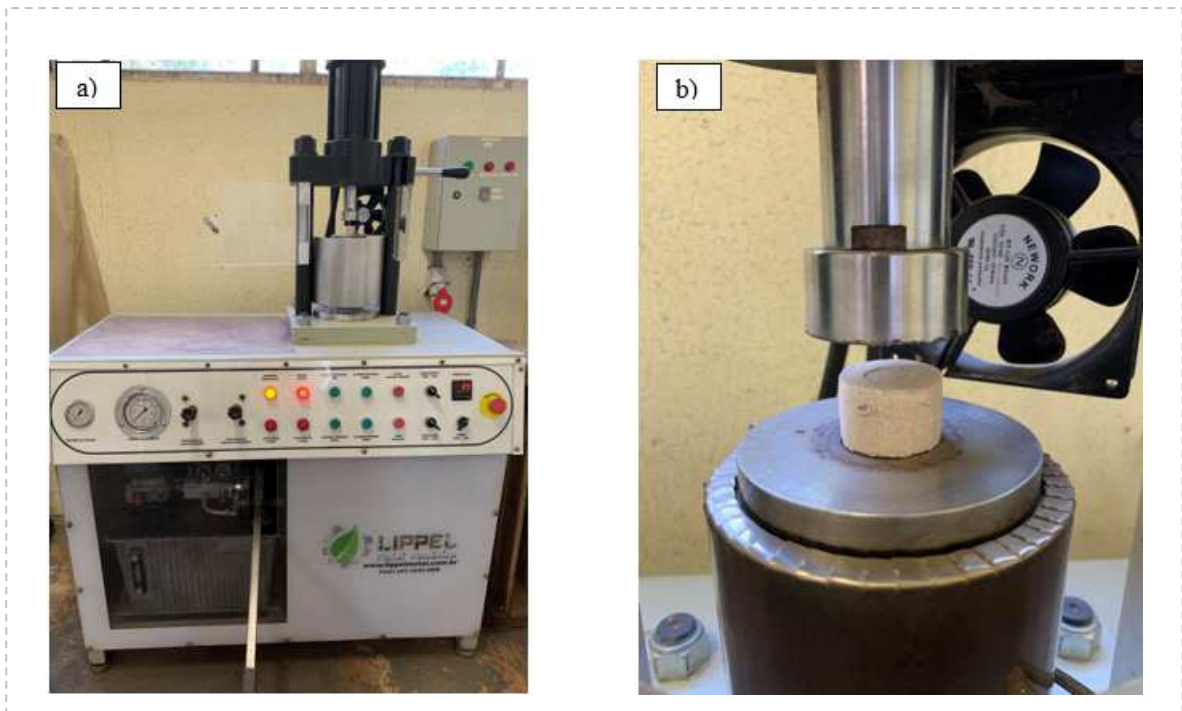


Figura 3

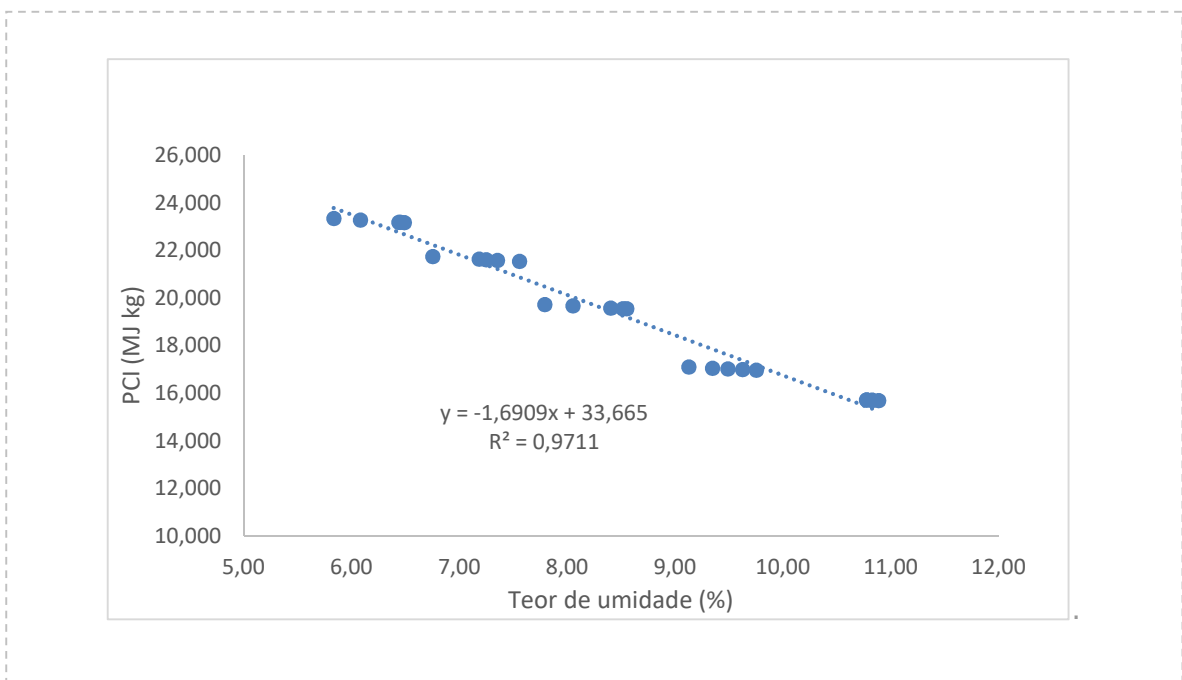


Figura 4

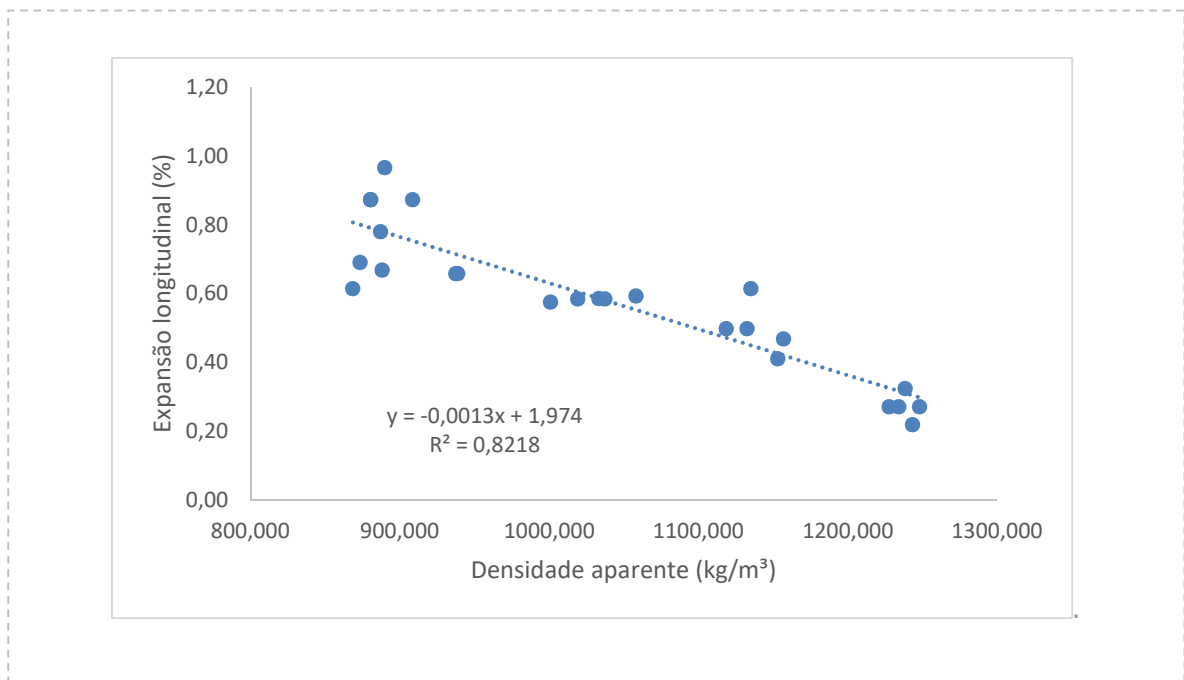


Figura 5

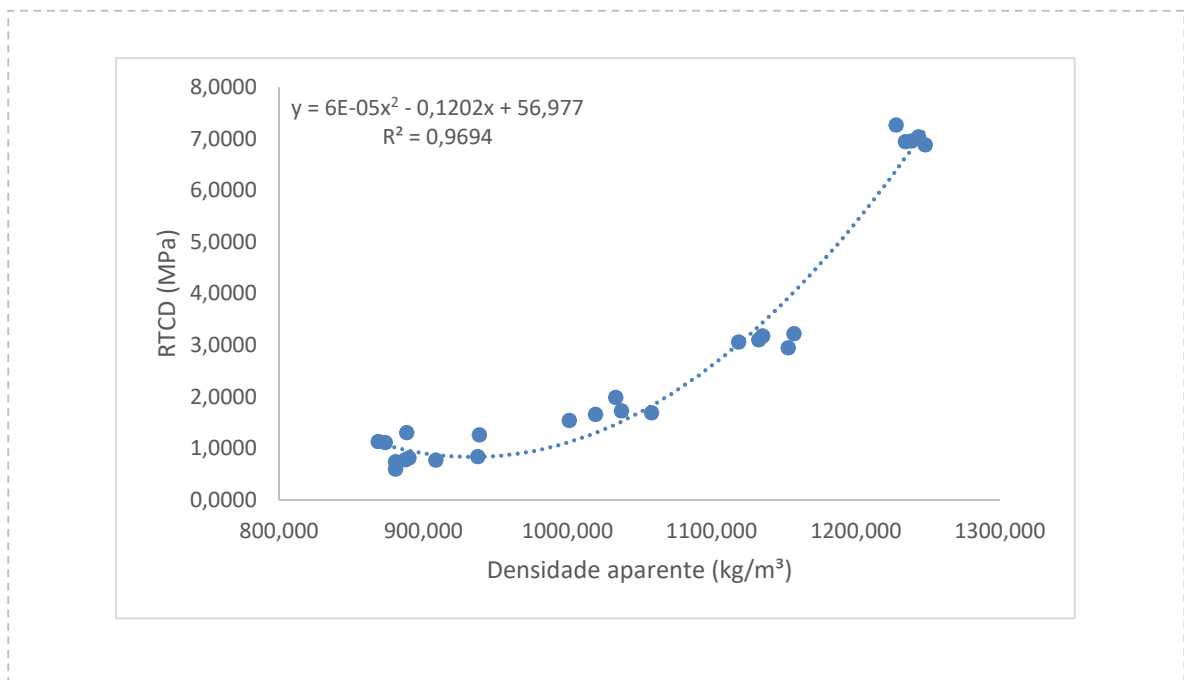


Figura 6

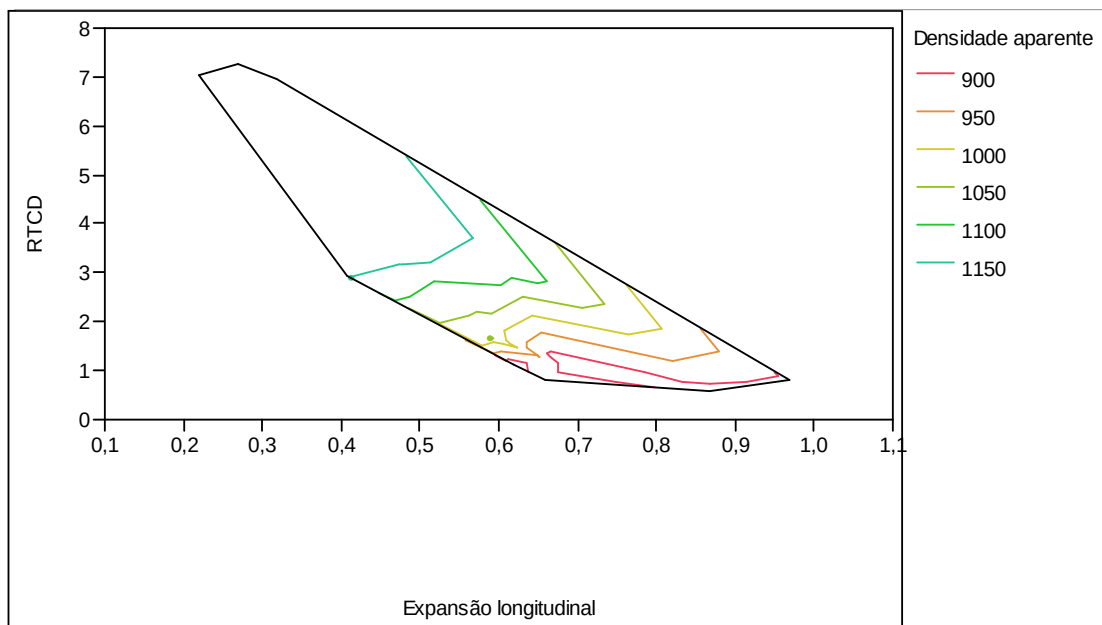


Figura 7

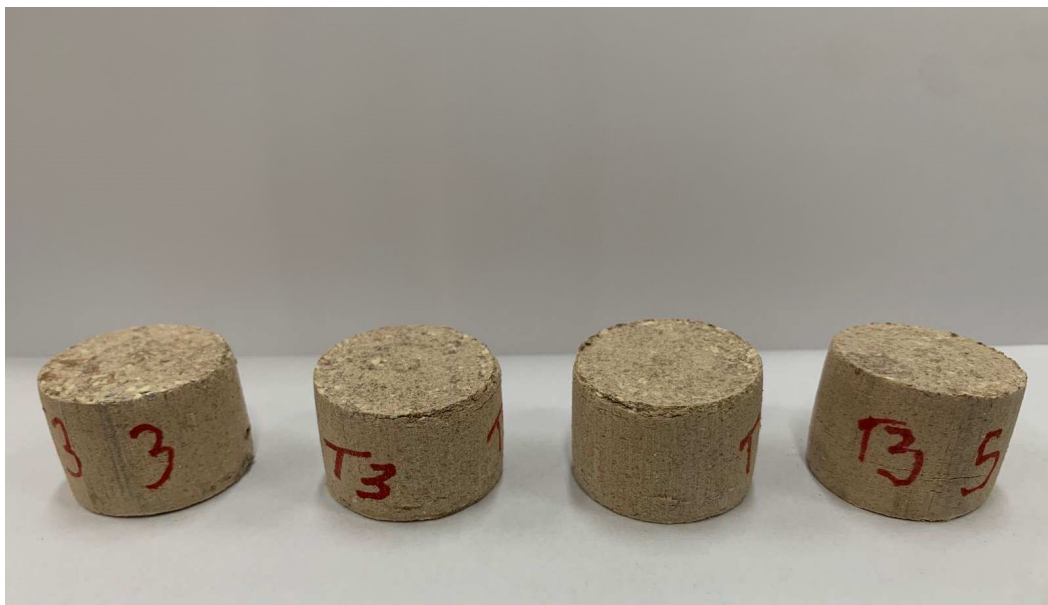


Figura 8

