ISSN: 2359-1048
Novembro 2022

ANÁLISE DE FLUXO DE MATÉRIA E ENERGIA COMO ESTRATÉGIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE PORCELANATO

ALEXANDRE MAGNO VIEIRA GONÇALVES DE BRITO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

ANA LYVIA TABOSA DA SILVA

Introdução
O surgimento do porcelanato deu-se na Itália na década de 1980 e começou a ser produzido por meio industrial no Brasil a partir do ano de 1996 (XAVIER, 2016). O Brasil é hoje um dos grandes produtores mundiais do revestimento cerâmico ocupando a terceira posição mundial. Diferentes análises podem ser desenvolvidas para diagnosticar as linhas de produção cerâmica. A Análise de Fluxo de Materiais e Energia (AFME, do inglês MEFA Material and Energy Flow Analysis) é um método analítico para quantificar os fluxos de materiais e energia associados a um processo produtivo.
Problema de Pesquisa e Objetivo
Este estudo tem a seguinte questão de pesquisa: Como mensurar e visualizar o quantitativo de material e energia que uma linha de produção de porcelanato consome? De que forma isso poderia ser feito e quais análises poderiam ser extraídas? O objetivo deste trabalho é quantificar o montante de matéria-prima e o fluxo energético de uma linha de produção de porcelanato e identificar suas perdas residuais, por meio da metodologia AFME em uma indústria cerâmica localizada no nordeste do Brasil.
Fundamentação Teórica
O porcelanato é um composto de placas cerâmicas agregadas com argila, feldspato e outras matérias-primas inorgânicas conformadas por extrusão, prensagem ou outros processos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). A AFME pode ser usado para identificar os fluxos relevantes que podem ser melhorados de forma apropriada (RODRIGUEZ et al., 2011). Segundo BINDER (2007), a ferramenta tem grande potencial quando aplicado nas áreas industriais, onde já tem sido usado com sucesso para otimizar os fluxos de materiais e resíduos em processos de produção.
Metodologia
AFME é uma das metodologias mais importantes para quantificar o uso de recursos através da contabilização de fluxos de massa, energia ou água (BLEISCHWITZ, 2010; REIS, 2020) inserido em um sistema estabelecido por sua área e intervalo temporal específico para o estudo aplicado. A mensuração dos dados de matéria-prima e energia durante todo o ciclo produtivo de porcelanato foi registrada por meio do Excel. O Microsoft Excel é um programa de planilha e análise o qual possui recursos de interface intuitiva e capacitadas ferramentas de cálculo e construção de tabelas (MICROSOFT, 2022).
Análise dos Resultados
A metodologia AFME é uma ferramenta bastante útil para visualizar balanços de materiais e energia em um processo de fabricação, corroborando com Naohiro et al. (2018). A partir da quantificação e visualização dos fluxos de matéria e energia, pode-se partir para uma etapa posterior de proposição de estratégias para os hotspots identificados no processo produtivo. Este estudo possui um desdobramento ambiental (BRITO; SILVA; CARVALHO, 2022) que quantifica as emissões de gases de efeito estufa com base na AFME estabelecida.
Conclusão
A metodologia AFME é uma ferramenta essencial para quantificar os fluxos de matéria e energia associados a um processo produtivo. As perdas mensais na linha de produção foram quantificadas em 1.186.600 kg de material, com um consumo mensal de 231.650 kWh, sendo divididos em 201.896 kWh de eletricidade e 29.754 kWh de coque de petróleo. Mensalmente obtém-se 2.685.425 kg de porcelanato (produto acabado). Observou-se que as etapas mais problemáticas em termos de perda são conformação, esmaltação e sinterização, para as quais numa etapa posterior podem ser propostas estratégias de mitigação.
Referências Bibliográficas
BLEISCHWITZ, R., 2010, International economics of resource productivity – Relevance, measurement, empirical trends, innovation, resource policies. International Economics and Economic Policy, v. 7, n. 2–3, p. 227–244. REIS D.; C., 2020, Fluxo de materiais e eficiência no uso de recursos na indústria da construção, DoC, Tese, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. MICROSOFT. Auxílio e aprendizado da ferramenta Excel (2022). Disponível em: Acesso em: 12 set. 2022

Palavras Chave
AFME, PORCELANATO, ANÁLISE DE PROCESSO PRODUTIVO

Agradecimento a orgão de fomento
AGRADECIMENTOS Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade (309452/2021-0).

ANÁLISE DE FLUXO DE MATÉRIA E ENERGIA COMO ESTRATÉGIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO DE PORCELANATO

1 INTRODUÇÃO

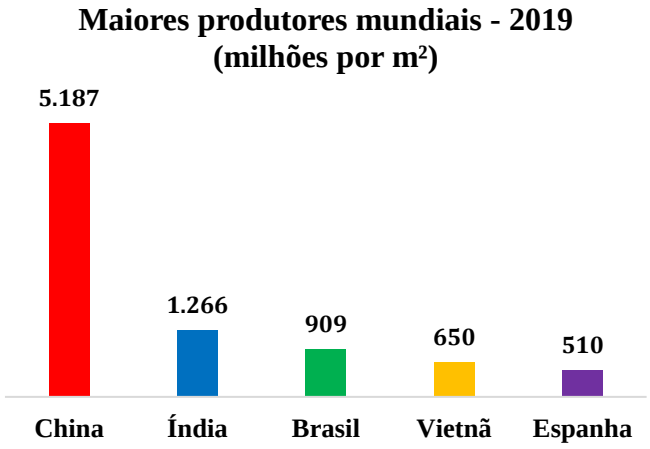
Em 2020, a construção civil foi o setor que mais gerou novas vagas com carteira assinada no Brasil, totalizando mais de 110.000 novos postos de trabalhos formais no setor (CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS - CGED, 2021). O segmento da construção civil no Brasil é um ramo consolidado e se mantém firme gerando oportunidades mesmo em épocas tão conturbadas.

O surgimento do porcelanato deu-se na Itália na década de 1980 e começou a ser produzido por meio industrial no Brasil a partir do ano de 1996 (XAVIER, 2016). As indústrias desse ramo são conhecidas por produzirem em massa e de forma intermitente, fazendo com que possuam excessos de inventário de matéria-prima, acumulem grandes quantidades de estoques de produtos acabados.

O Brasil é hoje um dos grandes produtores mundiais do revestimento cerâmico ocupando a terceira posição mundial, sendo também um dos maiores consumidores mundiais de revestimentos cerâmicos. A relevância da indústria cerâmica no Brasil está conectada a sua forte ligação junto ao setor da construção civil. Neste sentido, o segmento industrial está distribuído em todo o território nacional, com forte representatividade econômica, tratando de um setor diversificado variando entre empresas de médio e grande porte e de pequenos empreendimentos familiares artesanais. Estima-se que a sua participação no PIB é de 1% (NASCIMENTO, 2015; BESSA, 2021).

O setor brasileiro de revestimentos cerâmicos é constituído por 60 empresas e 71 unidades fabris sendo a maior parte delas nas regiões Sudeste e Sul, e em crescimento no Nordeste (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICAS, LOUCAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES - ANFACER, 2022). A figura 1 mostra os maiores produtores de revestimento cerâmico. Observa-se que o Brasil é o único país das Américas que se encontra nesse Ranking.

Figura 1: Maiores produtores mundiais de revestimento cerâmico.



[1] Professora Orientadora: Monica Carvalho

Fonte: ANFACER, 2021.

Diferentes análises podem ser desenvolvidas para diagnosticar as linhas de produção cerâmica. Análises termodinâmicas podem focar em identificar perdas de energia e em maneiras de solucioná-las (CARVALHO; SILVA, 2017), e análises ambientais podem detectar potenciais problemas (ABRAHAO; CARVALHO, 2017). Porém ambas dependem de uma contabilidade e registro de fluxos de entrada e saída de matéria e energia.

A Análise de Fluxo de Materiais e Energia (AFME, do inglês *MEFA Material and Energy Flow Analysis*) é um método analítico para quantificar os fluxos de materiais e energia associados a um processo produtivo. A AFME é uma metodologia central de ecologia industrial, que contabiliza as maneiras que os materiais são usados, reutilizados e desperdiçados pela sociedade moderna (GRAEDEL, 2019). Exemplos de contabilidade de fluxos de materiais incluem sua aplicação dentro certas indústrias conectadas num ecossistema, a determinação de indicadores de uso de materiais por diferentes sociedades, e o desenvolvimento de estratégias para melhorar os sistemas de fluxo de materiais na forma de gestão do fluxo de materiais (KRAUSMANN et al., 2017). A AFME pode, portanto, ser utilizada para planejamento estratégico de organizações e indústrias, para selecionar indicadores e técnicas de medição de impactos ambientais mais eficientes, e auxiliar no marketing, por exemplo, de uma decisão política de grande impacto, ou seja, a ferramenta é importante e pode ser utilizada de várias maneiras (BRITO, 2022).

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA E OBJETIVO

Existe um longo processo para a produção do porcelanato para revestimento. Neste processo podem ocorrer falhas, desperdícios, como também outros gastos desnecessários de produção, que vão desde a preparação da matéria-prima até a estocagem dos produtos acabados (OLIVEIRA, 2018). Emissões industriais são as principais fontes de poluição atmosférica de origem antrópica nas cidades (CAMARA *et al*., 2015). Dentre as indústrias, a fábrica cerâmica emite poluentes consideráveis (FRANQUETO, 2020). Portanto, é necessário que haja um controle destes impactos ambientais e que as empresas se tornem cada vez mais sustentáveis, ou seja, produzindo um material digno e que seja o mínimo poluente possível.

Neste contexto, utilizando as ferramentas corretas, as indústrias irão continuar produzindo seu quantitativo almejado sem causar danos excessivos ao ecossistema. A AFME possibilita aos gestores fabris a oportunidade de observar os pontos fracos de cada setor, e assim aplicar melhorias para a empresa e para o meio ambiente.

Este estudo tem a seguinte questão de pesquisa: Como mensurar e visualizar o quantitativo de material e energia que uma linha de produção de porcelanato consome? De que forma isso poderia ser feito e quais análises poderiam ser extraídas? O objetivo deste trabalho é quantificar o montante de matéria-prima e o fluxo energético de uma linha de produção de porcelanato e identificar suas perdas residuais, por meio da metodologia AFME em uma indústria cerâmica localizada no nordeste do Brasil. O presente estudo é parte de um projeto mais amplo, que inclui uma dissertação focando na análise de uma linha produção de porcelanato (BRITO, 2022).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIA CERÂMICA

A indústria cerâmica envolve uma quantidade vasta de produtos produzidos por processos e insumos distintos, permitindo assim ser classificados de várias formas e modelos com relação as suas características, dentre elas, sua composição, forma de aplicação ou estrutura físico-química (Tabela 1).

Tabela 1: Tipos de materiais cerâmicos e suas características.

Classificação dos tipos cerâmicos	**Qualidades diferenciais do produto**	**Exemplos**
Cerâmica Vermelha	Material de coloração avermelhada empregados na construção civil.	Tijolos, blocos, telhas, tubos cerâmicos e argilas expandidas.
Materiais de Revestimento	São materiais para revestir paredes, pisos, bancadas, entre outros.	Porcelanato, azulejo, pastilha, grês, lajota e piso.
Cerâmica Branca	Materiais constituídos por um corpo branco e em geral recoberto por camada vítrea transparente.	Louça sanitária, louça de mesa, isoladores elétricos para alta e baixa tensão, cerâmica artística e cerâmica técnica.

Fonte: ANFANCER (2017).

2.1.1 Porcelanato

O porcelanato é um composto de placas cerâmicas agregadas com argila, feldspato e outras matérias-primas inorgânicas conformadas por extrusão, prensagem ou outros processos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020). Este tipo de revestimento surgiu na década de 80 em países como Itália e Espanha, chegando ao Brasil na década de 90 (RIBEIRO, 2016). O produto manteve-se à margem do progresso industrial italiano até início dos anos 1990, quando, devido aos avanços tecnológicos, foi difundido para além da Itália (OLIVEIRA, 2018; SILVA, 2010).

As primeiras empresas brasileiras a produzir o Porcelanato para revestimento foram a Eliane S/A Revestimentos Cerâmicos em 1996 e a Portobello S/A em 2000 - em 2009, a produção de porcelanato já representava aproximadamente 7% da produção de revestimentos cerâmicos no Brasil (ANFACER, 2018).

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de revestimentos cerâmicos, posicionando-se entra as primeiras colocações em produção e consumo, sendo assim, o porcelanato brasileiro uma referência mundial em padrão de qualidade (ANFACER, 2018). Segundo o Centro Cerâmico do Brasil (CCB, 2018), entre 2003 e 2018, o Brasil multiplicou por quatro sua produção de revestimentos cerâmicos, material no qual o porcelanato está englobado, e hoje já é o segundo maior fabricante mundial desse produto, perdendo apenas para a China, e já superou concorrentes tradicionais como Espanha e Itália, que até alguns anos dominavam o setor.

De acordo com a ANFACER (2022), o Brasil tem papel fundamental no mercado mundial de revestimentos cerâmicos, no ano de 2021 foram fabricadas aproximadamente 1.048 milhões de

metros quadrados para uma capacidade instalada de 1.200 milhões de metros quadrados. As vendas totais registradas chegaram num montante de 901 milhões de metros quadrados, dos quais 771 milhões de metros quadrados foram vendidos no mercado interno e 130 milhões de metros quadrados foram exportados. A figura 2 mostra o comparativo de vendas para o mercado interno e externo.

Figura 2: Relação de vendas por metro quadrado de porcelanato.

Fonte: Elaborada pelos Autores (2022).

O sistema de produção de porcelanato é em massa e o layout da linha produtiva é de forma linear, sendo adequada com as qualidades essenciais para a execução do processo. A Tabela 3 resume o processo produtivo de porcelanato analisado no presente estudo.

Tabela 3 – Processo de produção de porcelanato.

Atividade	**Descrição do Processo**
Estoque de Matéria-Prima	As matérias-primas utilizadas no processo de produção de porcelanato são insumos extraídos diretamente da natureza. É preciso que haja um controle de qualidade apurado na hora de escolher o material para que o produto seja o melhor possível.
Moagem	O foco principal do processo de moagem é diminuir o máximo possível do tamanho dos grãos dos insumos que estão relacionados no processo, para concretizar a mistura homogênea da massa cerâmica. Atenção no tamanho dos grãos pois o processo é muito delicado e a granulometria tem que estar adequada aos parâmetros exigidos pelo controle de qualidade e do processo.
Atomização	A partir do processo de atomização, a barbotina é transformada em pó, e começa a realizar a redução parcial de água deste pó, por meio de evaporação. Esse processo resultará em aglomerados esféricos com propriedades e características apropriadas para seguir no processo.
Prensagem (Conformação)	Os aglomerados esféricos são compactados em um tamanho pequeno, o menor volume possível, por meio de uma aplicação de pressão mecânica, possuindo o resultado final de empacotamento e agregação das partículas.
Secagem	Ocorre eliminação por evaporação de boa parte da água e dos aditivos que não são mais necessárias no produto.
Esmaltação e Decoração	O produto vindo do forno, receberá aplicações de esmalte cerâmico, tintas e decoração. Essa parte do processo é onde o produto recebe o design e efeitos estéticos.

Sinterização (Queima)	Os fornos cerâmicos são responsáveis por sinterizar o produto vindo da esmaltação, com objetivo de retirar a água do produto e aplicar um tratamento térmico no produto. Este tratamento causa uma maior resistência e dureza no material, deixando-o com uma melhor qualidade.
Acabamento	O produto será esquadrejado, ficando no formato adequado. Após as cerâmicas estarem prontas para uso, elas são direcionadas para uma paletização, por um processo todo automático, e logo após serão alocados nas estantes verticais e de lá aguardarão até irem para o consumidor final.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

2.2.1 Análise de Fluxo de Material e Energia (AFME)

A AFME é uma avaliação sistemática dos fluxos e estoques de materiais e energia dentro de um sistema definido no espaço e no tempo que conecta as fontes, os caminhos e os sumidouros intermediários e finais de um material (NAOHIRO *et al*., 2016). Ao realizar a pesquisa no objeto de estudo aplicado, é necessário colher e documentar todas as informações que foram obtidas no local de pesquisa, para que no final do trabalho, todos os dados e informações sejam validados.

A indústria de construção civil utiliza grandes quantidades de energia e material incluindo várias etapas durante todo o processo. Para esse tipo de situação, o estudo aplicado ao AFME se torna necessário descobrir em quais processos existem os maiores níveis de consumo de energia. Portanto o método de análise de fluxo de energia e massa para a área industrial é muito importante, pois a partir desta ferramenta, analisando o processo industrial, seus balanços de energia e de materiais serão estimados, fazendo com que os gestores da área possuam conhecimento através das informações coletadas e saiba tomar as medidas necessárias da melhor maneira para a empresa.

A AFME é capaz de descrever como os materiais são desenhados da natureza para a antroposfera como insumos, como são transformados em produtos e subprodutos, e como os resíduos e as emissões retornam à natureza (BOLLINGER *et al.*, 2012). A aplicabilidade da AFME não é restrita, podendo ser utilizada em várias escalas como: pequenas regiões, nível nacional ou nível global. Dependendo do escopo do estudo, a AFME pode e deve ser utilizada para as avaliações de processos industriais, avaliações de políticas ou mesmo avaliação ambiental em larga escala (CHEAH *et al.*, 2012).

A AFME pode ser usado para identificar os fluxos relevantes que podem ser melhorados de forma apropriada (RODRIGUEZ *et al*., 2011) e tem sido muito usado como base de análise de fluxo de custos (MOLLER, 2010). Segundo BINDER (2007), a ferramenta tem grande potencial quando aplicado nas áreas industriais, onde já tem sido usado com sucesso para otimizar os fluxos de materiais e resíduos em processos de produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de caso foi realizado em um processo produtivo de uma empresa de porcelanato situada no nordeste brasileiro, com foco nos equipamentos responsáveis por produzir um tipo específico de porcelanato. Os produtos feitos por esta linha de produção são destinados exclusivamente a construção civil. A fábrica consiste em cinco linhas de produção de diversos

tipos cerâmicos. A linha escolhida foi a de número dois onde seu produto final é o porcelanato produzindo três formatos de cerâmica, sendo eles: 32x64; 32x66 e 50x50.

AFME é uma das metodologias mais importantes para quantificar o uso de recursos através da contabilização de fluxos de massa, energia ou água (BLEISCHWITZ, 2010; REIS, 2020) inserido em um sistema estabelecido por sua área e intervalo temporal específico para o estudo aplicado. A utilização da AFME pode ser feita por várias possibilidades. Existe a possibilidade de análise de forma global a qual é uma pesquisa mais abrangente, entretanto impede uma análise minuciosa do sistema produtivo e por consequência dificulta as oportunidades de melhorias de eficiência do setor analisado (BRITO, 2022). A nível setorial, os fluxos de massa são quantificados com base em dados primários ou secundários fornecidos em relatórios ou manuais estatísticos de produção/consumo (REIS, 2020).

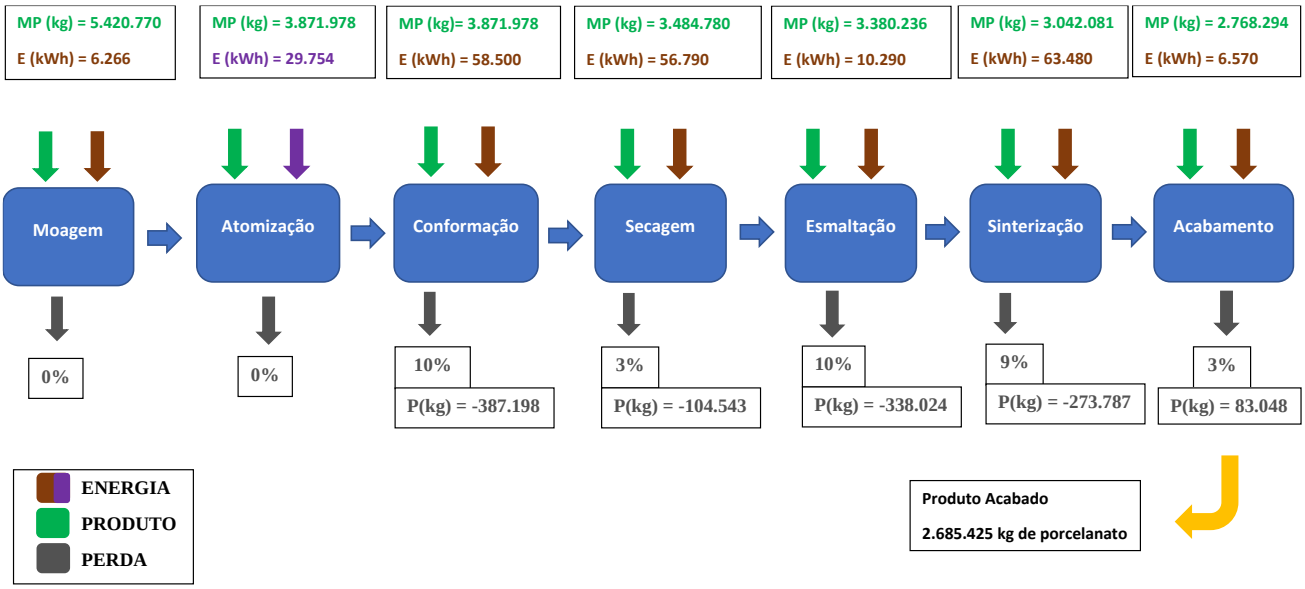
Os aplicativos de software detêm aplicabilidade para confirmar e colaborar com os procedimentos e cálculos. Alguns softwares utilizados na metodologia AFME são Comparison, Gabi, Umberto, e Microsoft Excel. A mensuração dos dados de matéria-prima e energia durante todo o ciclo produtivo de porcelanato foi registrada por meio do Microsoft Excel, devido a familiaridade com a ferramenta e pelo fácil acesso. O Microsoft Excel é um programa de planilha e análise que está disponível como parte do Microsoft Office, e possui recursos com interface intuitiva e capacitadas ferramentas de cálculo e construção de tabelas (MICROSOFT, 2022).

O levantamento de dados ocorreu entre os meses de março e abril de 2022, para obter elementos qualitativos e quantitativos necessários para a pesquisa. A partir dos questionamentos sobre o consumo de matéria e energia de cada equipamento com os setores envolvidos, foram adquiridas as informações sobre a disponibilidade dos equipamentos e quesitos técnicos a respeito do processo produtivo de porcelanato. Neste período a linha de produção operou todos os dias da semana em três turnos, totalizando 720 horas de produção com a expectativa do planejamento de produção mensal de 210.000 m^2 de porcelanato.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta de dados e aplicação da metodologia AFME, quantificou-se o consumo de matéria e energia em cada etapa do processo produtivo mensal. A Figura 3 mostra o fluxograma AFME, enfatizando as entradas de energia e insumos e a saída com as perdas que ocorrem durante o processo. (mp) refere-se a matéria prima (kg) e (e) refere-se a energia (kWh).

Figura 3: Fluxo de materiais e energia ao longo do processo produtivo mensal de porcelanato.



Fonte: Elaborada pelos Autores (2022).

É importante observar no fluxograma que boa parte da alimentação das máquinas é de energia elétrica, com exceção da atomização em que a fonte energética é coque de petróleo. Os primeiros equipamentos, moagem e atomização, não possuem perdas residuais. A diferença de matéria-prima de um equipamento para outro é devido a evaporação parcial no atomizador, com isso o produto adquiri formação de aglomerados esféricos com características e propriedades adequadas para prosseguir para as próximas etapas do processo produtivo. A consequência desta evaporação de água gera um decréscimo de 29% da matéria prima sem gerar perdas processuais, visto que o vapor de água é direcionado por meio de tubulações até a estação de tratamento de efluentes.

Em alguns equipamentos (moagem e atomização) não se consideram perdas porque os defeitos são recuperáveis e reaplicados ao processo. Seguindo o fluxo produtivo observa-se que as maiores perdas estão no processo de conformação, esmaltação e sinterização, totalizando 999.009 kg. As perdas nestes equipamentos são maiores, pois no processo de conformação se a prensagem não for feita de maneira correta o produto não adquire as propriedades necessárias. No caso da esmaltação, caso os equipamentos estejam desregulados ou com algum problema nos bicos de injeção, por exemplo, a peça será comprometida pela má qualidade visual e dessa forma o controle de qualidade rejeita o produto. A temperatura dos fornos necessita estar reguladas continuamente, caso contrário o produto não adquiri as características essenciais como dureza, baixa absorção, alta resistência e acabam sendo descartadas como rejeito.

Demonstrou-se que a metodologia AFME é uma ferramenta bastante útil para visualizar balanços de materiais e energia em um processo de fabricação, corroborando com Naohiro *et al.* (2018). A partir da quantificação e visualização dos fluxos de matéria e energia, pode-se

partir para uma etapa posterior de proposição de estratégias para os *hotspots* identificados no processo produtivo. Este estudo possui um desdobramento ambiental (BRITO; SILVA; CARVALHO, 2022) que quantifica as emissões de gases de efeito estufa com base na AFME estabelecida.

5 CONCLUSÃO

A metodologia AFME é uma ferramenta essencial para quantificar os fluxos de matéria e energia associados a um processo produtivo. Aqui o foco da análise foi uma linha de produção de porcelanato. Após aplicação da metodologia AFME foi possível construir o fluxograma para a matéria e energia associada a uma linha de produção de porcelanato, constituída de moagem, atomização, conformação, secagem, esmaltação, sinterização e acabamento. Todos os equipamentos operam com eletricidade, menos a atomização que utiliza coque de petróleo.

As perdas mensais na linha de produção foram quantificadas em 1.186.600 kg de material, com um consumo mensal de 231.650 kWh, sendo divididos em 201.896 kWh de eletricidade e 29.754 kWh de coque de petróleo. Mensalmente obtém-se 2.685.425 kg de porcelanato (produto acabado).

Observou-se que as etapas mais problemáticas em termos de perda são conformação, esmaltação e sinterização, para as quais numa etapa posterior podem ser propostas estratégias de mitigação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade (309452/2021-0).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Placas cerâmicas – definições – classificação – características e marcação: NBR ISO 13006, Rio de Janeiro, ABNT, 2006 – versão corrigida 2020a.

ABRAHAO, R.; CARVALHO, M. Environmental impacts of the red ceramics industry in Northeast Brazil. **Int. J. Emerg. Res. Manag. Technol**, v. 6, p. 310-317, 2017.

ANFACER - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br>. Acesso em: 07 jun. 2022.

BESSA, L. J. N.; SOMBRA, F. J. J.; GUERRA, F. K. O. M. V., 2021, Análise de implementação de medidas de eficiência energética em uma indústria cerâmica de pequeno porte em Russas/CE, **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, v.3, n.1, pp. 25-34.

BINDER, C. R., 2007, From material flow analysis to material flow management Part I: Social science approaches coupled to material flow analysis. **Journal of Clean Production**, v.15, n.17, pp. 1596 – 1604.

BLEISCHWITZ, R., 2010, International economics of resource productivity – Relevance, measurement, empirical trends, innovation, resource policies. **International Economics and Economic Policy**, v. 7, n. 2–3, p. 227–244.

BRITO, A. M. V. G., 2022, **Análise de fluxo de materiais e energia para um processo produtivo de porcelanato com contabilidade de gases de efeito estufa**, MsC. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

BRITO, A.M.V.G.; SILVA, A.L.T.; CARVALHO, M. Quantificação de gases de efeito estufa como estratégia para a sustentabilidade da produção do porcelanato. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente da FEA/USP – ENGEMA, 24., 2022, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: USP, 2022.

CAGED, Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. Disponível em: <https://www.gov.br:>. Acesso em 08 jun. 2022

CAMARA, V.F.; LISBOA, H.M.; DAVID, P.C., 2015, Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil, **Revista Cerâmica**, v.61, pp. 213-218.

CARVALHO, M.; SILVA, J.A.M. Second law assessment of a Hoffmann kiln for the red ceramics industry. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 40, n. 11, p. 1-12, 2018.

BOLLINGER, L. A; DAVIS, C.; NIKOLIC. I.; DIJKEMA, G. P., 2012, Modeling Metal Flow Systems, **Journal of Industry Ecology,** v.16, n.5, pp. 176-190.

CCB, Centro Cerâmico do Brasil. Disponível em: <https://www.ccb.org.br>. Acesso em 04 jun. 2022.

CHEAH, L.; HEYWOOD, J.; KIRCHAIN, R., 2009, Aluminium stocks and flow in U.S. passenger vehicles and implications for energy use. **Journal of Industry Ecology,** v.13, n.5, pp. 718-734

FRANQUETO, R., 2020, Levantamento preliminar de emissão de monóxido de carbono (CO) em indústrias cerâmicas na região centro-sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. v.23, pp. 2-8.

GRAEDEL, T. E., 2019, material flow analysis from origin to evolution. **Environmental Science and Technology,** v.53, n.4, pp.12188 – 12196.

KRAUSMANN, F.; SCHANDL, H.; EISENMENGER, N.; GILJUM, S.; JACKSON, T., 2017 "Measuring Global Material Use for Sustainable Development", **Annual Review of Environment and Resources**, v.42, n. 2 (julho), pp. 647-675.

MICROSOFT. Auxílio e aprendizado da ferramenta Excel (2022). Disponível em: <https://www.support.microsoft.com.br/pt-excel.> Acesso em: 12 set. 2022

MOLLER, A., 2010, Material and energy flow-based cost accounting. **Chem Eng. Technol.** v.33, n.4 p. 567.

NAOHIRO, G.; ULHASANAH, N.; KAMAHARA, H.; HASANUDIN, U.; TACHIBANA, R.; FUJIE, K., 2016, "Material and flow analysis". In: Dewulf, J., Meester, S., Alvarenga, R. A., **Sustainability Assessment of Renewables-Based Products**, 5ª edição, capítulo 9, New Jersey, USA, Hindawi Publishing Corporation.

NASCIMENTO, C. A., 2015, **Estudo de reengenharia de fornos cerâmicos com crivamento: uma oportunidade real de melhoria da sustentabilidade.** MsC. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Guarapuava, Brasil.

OLIVEIRA, J. S., 2018, **Identificação das dificuldades para implementação da produção enxuta em uma indústria de porcelanato para revestimentos.** Monografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

RIBEIRO, H. S. S., 2016, **Indústria ceramista nacional, sua implantação e seu desenvolvimento, o surgimento do gres porcelanato, suas características físicas e geométricas.** Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

RODRÍGUEZ, M. T. T.; ANDRADE, L. C.; BUGALLO, P.M.B.; LONG, J.J.C., 2011, Combining LCT tools for the optimization of an industrial process: Material and Energy flow analysis and best available techniques. **Journal of Harzadous Materials**, v.192, pp. 1705 – 1719.

REIS D.; C., 2020, **Fluxo de materiais e eficiência no uso de recursos na indústria da construção**, DoC, Tese, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

SILVA, J. E. da., 2010, **Desenvolvimento de composição de massa cerâmica para produção de porcelanato técnico,** Santa Catarina, SC, 2010.

XAVIER, T., 2016, **O tema é porcelanato.** Disponível em: <https://www.tropobella.com.br/blog/o-que-e-porcelanato>. Acesso em 03 ago. 2022.