

Desenvolvimento de um modelo de “paver” a partir do reaproveitamento de resíduos de construção civil

Juliana Bispo de Almeida*, Victor Yuri Possama, Geysler Rogis Flor Bertolini e Manoela Silveira dos Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná. *Campus* Cascavel. Rua Universitária, 1619. Universitário. Cascavel-PR, Brasil (CEP 85819-110). *E-mail: juliana.almeida3@unioeste.br.

Resumo. O presente estudotem como objetivo levantar as percepções do empresário quanto a viabilidade e possíveis entraves para a elaboração de um Paver ecológico, utilizando resíduos de construção civilcomo parte da matéria prima em seu processo produtivo, por ser um produto que apresenta critérios ideais para o desenvolvimento econômico e sustentável. A metodologia utilizada foi um estudo de caso, a partir do relato do gestor da Construtora e Indústria de Pavés, denominada ABC, localizada no Município Cascavel, Estado do Paraná, Brasil. Como resultado, notou-se que visto os impactos ambientais gerados pelo descarte inapropriado dos resíduos de construção civil, o reaproveitamento deste material como parte dos insumos para a confecção de subprodutos vem sendo uma forma de solução para o reaproveitamento dos resíduos e o incentivo para o descarte correto destes materiais, além da geração de receita e desenvolvimento econômico.

Palavras-chave: Subproduto; Descarte correto; Destinação sustentável; Economia circular; Logística reversa.

Abstract. *Development of a “paver” model from the reuse of civil construction waste.* The material presented as part of the study will be presented as possible study material and possible to be used for the elaboration of a civil construction paver as part of the production process, for a product that presents construction ideas for economic and sustainable. The methodology used was a case study, based on the report of the manager of Construction and Flooring Industry, called ABC, located in the Municipality of Cascavel, State of Paraná, Brazil. As a result, we did not see the environmental impacts taken advantage of by the inappropriate disposal of waste from this civil construction, the reuse for the manufacture of by-product material that has been a way of using waste and the incentive for the correct disposal of these materials, in addition to revenue generation and economic development.

Recebido
08/05/2022

Aceito
20/08/2022

Publicado
31/08/2022



Acesso aberto



ORCID

0000-0003-3544-4368

Juliana Bispo de Almeida

0000-0002-1251-3183

Victor Yuri Possama

0000-0001-9424-4089

Geysler Rogis Flor Bertolini

0000-0001-7099-1952

Manoela Silveira dos Santos

Keywords: By-product; Correct disposal; Sustainable destination; Circular economy; Reverse logistics.

Introdução

Vive-se hoje em um cenário no qual o consumo e as relações de trocas e aquisição de bens fazem parte do cotidiano de diversas famílias, porém para processos produtivos mais audaciosos é fundamental que as indústrias e governos invistam em programas de gestão de seus resíduos, definindo claramente quanto aos planos de ações e contingenciamento do dejetos produzido em seu processo de fabricação (Rajnai e Kocsis, 2018). O setor de manufatura é o responsável por atender as demandas do consumidor garantindo o fornecimento e o abastecimento do setor, porém não são claras as práticas de logística reversa adotadas por determinados setores da indústria.

Neste ponto, a economia circular vem-se demonstrando importante, devido a necessidade de retornar os resíduos e sobras de matérias primas geradas em seu processo produtivo para à cadeia. Ao abordar o ramo de construção civil é possível observar a forte incidência dos princípios da economia circular, onde com o passar do tempo os processos puderam ser melhorados, gerando maior eficiência e ganho de resultados.

A economia circular contém aspectos que vão além das dimensões ambientais, demonstrando apego quanto aos cuidados ecossistêmicos que visem a proteger o espaço de todos, por meio de estratégias eficientes que garantam o equilíbrio ambiental diante de uma economia circular com foco na sustentabilidade (Korhonen et al., 2018), garantindo assim a preservação e manutenção dos recursos naturais sem comprometer as futuras gerações. Tal modo permite que estas ações possam atribuir as companhias a possibilidade de geração de renda promovendo ações sustentáveis, em que, ao passo que tais medidas sejam replicadas, vá-se diminuindo gradativamente o volume de extração e exploração dos recursos naturais finitos para fins de manufatura. A economia circular é um sistema que se baseia em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim de vida' por redução, reutilização e reciclagem de materiais, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, o que segundo (Kirchherr et al., 2017), implica a criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade social, beneficiando as gerações atuais e futuras, onde por meio das principais práticas de descarte de rejeitos de construção civil.

Para Matsuda (2018), em diversos segmentos identifica-se que nem sempre é possível dominar uma cadeia de ponta a ponta, um dos problemas é a gestão de rejeitos e descarte de materiais, sendo ideal desenvolver modelos que visam a adotar práticas que vão além do reaproveitamento, buscam desenvolver um produto inovador de baixo custo com a adoção de práticas sustentáveis e o avanço e desenvolvimento da ciência. Aliado a isto, tem-se a ausência de um planejamento eficiente voltado ao desenvolvimento de práticas que tornem possível o reuso dos materiais descartados resultaem sérios problemas ambientais, como a poluição, lixões a céu aberto e desequilíbrios ecossistêmicos. O reaproveitamento destes resíduos no processo produtivo convencional promove a possibilidade de gerar resultados econômicos significativos além da redução dos impactos ambientais (Amato Neto, 2000).

Este cenário possibilita a o aprimoramento dos processos de descarte utilizando práticas mais sustentáveis, garantindo a renovação e incorporando parte dos resíduos no processo produtivo de tijolos e calçadas destinados para a construção civil (Brasileiro e Matos, 2015; Nascimento e Barreto, 2019). Nesse sentido, pergunta-se como viabilizar técnica e economicamente a reutilização de resíduos de construção civil como parte de matéria prima para a confecção de calçadas ecológicas no Município de Cascavel-PR? Para responder a esta pergunta, este artigo teve por objetivo levantar as percepções do empresário quanto à viabilidade e possíveis entraves para a elaboração de um Paver

ecológico, utilizando resíduos de construção civil como parte da matéria-prima em seu processo produtivo. A escolha do tema deu-se em razão da importância da construção civil para o desenvolvimento econômico e social, sendo um dos setores econômicos que mais gera emprego, e a necessidade da adoção de práticas mais sustentáveis ao setor.

Referencial teórico

Economia circular

As indústrias vêm buscando utilizar processos menos predatórios e mais sustentáveis, com foco na gestão de recursos, melhoramento na performance produtiva, escoamento da produção e dimensionamento de toda a cadeia produtiva a fim de gerar resultados buscando por um desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem as suas próprias necessidades (Munro David, 1991). Dentro desta lógica a economia circular se destaca como uma alternativa de minimizar a utilização de recursos naturais e reduzir o impacto ambiental causado pelas organizações.

A economia circular é um conceito promovido por países da união europeia por meio de vários governos nacionais e por empresas espalhadas pelo mundo com o objetivo de proporcionar ganhos para a economia mundial (Korhonen et al., 2018). Em outras palavras, a economia circular é um movimento entre indústrias e entidades governamentais visando a favorecer as práticas de reuso e o reaproveitamento de resíduos evitando a poluição por meio do descarte incorreto dos mais diversos tipos de materiais.

Para Murray et al. (2017), a economia circular é baseado em um modelo econômico em que os recursos são utilizados de forma racionalizada e maximizada, explorando a eficiência dos processos, buscando sempre a reutilização e poupando o uso de recursos naturais. Esta consiste em um ciclo fechado de desenvolvimento, que atua de forma contínua e não linear. Deste modo, tem-se que a economia circular é um sistema industrial restaurativo ou regenerativo por intenção e design, substituindo conceitos como fim de vida, por restauração o que torna evidente a possibilidade de reemprego destes dejetos em um novo ciclo produtivo conforme menciona, sendo necessário investir em práticas que garantam o reuso dos produtos substituídos, garantindo a destinação correta ou seu reaproveitamento, porém ressalta-se que tais práticas devem ser monitoradas e cobradas as indústrias quanto a sua plena execução (Ellen MacArthur Foundation, 2012).

Uma das formas de se promover a economia circular é por meio do desenvolvimento de produtos ecológicos que tem como insumos resíduos de alguma operação, como é o caso do uso de rejeitos de construção civil (RCD) para reformas, tijolos, telhas, pavimentação, produção de pavers e cascalho. O próximo tópico explora o uso do RDC para a produção de novos produtos.

Resíduos sólidos da construção civil

A construção civil é reconhecida como um dos setores mais importantes para assegurar o desenvolvimento econômico e social, proporcionando crescimento, geração de emprego e renda para a população (Silva et al., 2017). Proporcionando o desenvolvimento e crescimento das zonas urbanas ao redor do país. Alves e Quelhas (2004), complementam que o setor da construção civil se destaca como o maior consumidor de recursos naturais e maior gerador de resíduos, gerando impactos ambientais. Diante do gargalo ambiental investir no desenvolvimento de técnicas alternativas para intervir nos problemas existentes do setor de construção civil, torna-se uma iniciativa relevante para propor técnicas de soluções mais pontuais.

De acordo com Querino e Pereira (2016), o aumento do uso de recursos naturais e a produção de resíduos, refletem a necessidade de minimização e tratamento adequado dos resíduos descartados, visando à não contaminação dos solos e des controle dos aterros sanitários da região, o que para inúmeras cidades já vem sendo visto com um problema de dimensões incontroláveis perante o poder público. Silva et al. (2014) complementam que a maior parte dos resíduos pode ser reutilizada ou reciclada servindo de matéria-prima para elaboração de outros produtos, economizando energia e recursos naturais, gerando renda, aumentando a vida útil dos aterros sanitários e contribuindo para assegurar um futuro ambientalmente saudável.

Os resíduos sólidos da construção civil, denominados RCD, que remete a ideia a natureza dos resíduos, provenientes de atividades da construção e demolição (Fernandes, 2004). Consideram-se resíduos da construção e demolição (RCD) todo resíduo de atividade de construção, seja de novas construções, reformas, demolições solos e resíduos de vegetação presentes em limpezas de terreno. Inclui-se a vegetação, pois a contaminação é inerente ao resíduo, devido ao poder de aderência no agregado. A falta de consciência e a negligência da população fazem com que muitos resíduos sejam depositados em locais inapropriados, causando riscos socioambientais como, por exemplo, proliferação de vetores de doenças, assoreamento de córregos e rios, e consequentemente poluição visual, ocasionando assim transtornos e prejuízos à cidade e aos cidadãos (Paschoalin Filho e Duarte, 2014).

Visto que as práticas de reaproveitamento de resíduos podem servir para diversos fins, os autores Bodi et al. (1995) demonstram que conforme registros históricos, em 1984 foi realizada a pavimentação da primeira via de tráfego na Cidade de São Paulo com aplicação de agregados reciclados nas camadas de reforço do subleito, bem como na sub-base, garantindo qualidade satisfatória no desempenho da via. O uso de resíduos de construção em camadas dos pavimentos tem-se mostrado viável diante a disponibilidade deste material e da tecnologia de reciclagem. A utilização de agregados reciclados em pavimentos tem mostrado que seus resultados são satisfatórios, sendo uma alternativa interessante na substituição de materiais naturais, principalmente na pavimentação de vias de baixo volume de tráfego (Hortegal et al., 2009).

A substituição de material natural por fontes renováveis retoma o conceito de economia circular, mesmo que neste caso o gerador do resíduo não seja o mesmo que o reaproveita, pois em diversos casos os resíduos de construção civil são encaminhados para empresas especializadas no reaproveitamento deste material. Para Buttler et al. (2005), os agregados reciclados variam de acordo com sua origem, sendo os obtidos através de demolição e relacionados a obras civis bastante heterogêneos o que dificulta a sua separação e classificação; em alguns países estes resíduos são utilizados nas atividades da pavimentação como forma alternativa de retorno sustentável deste material considerado anteriormente como um dejetos.

Carneiro (2005) pontua que atualmente existem muitas tecnologias para reciclagem total ou parcial dos resíduos da construção civil com viabilidade econômica, redução nos custos na compra de matéria prima e na extração de nova matéria prima, ou seja, o reaproveitamento de materiais garante a diminuição da extração de matérias primas e fontes naturais. O uso dos resíduos de construção civil em obras pode ocorrer sob várias formas, tais como: agregados para concreto não estrutural, na produção de argamassa, blocos e tijolos não estruturais, na pavimentação de estradas, em obras de drenagem, estabilização de encostas, recuperação topográfica, entre outras possibilidades (Lu e Yuan, 2011; Yuan, 2012).

Mendoza et al. (2016), destacam que uma pequena parcela do desperdício e resíduos gerados é reaproveitada, e que a construção civil pela enorme quantidade de matérias-primas que são consumidas e não são recicladas, tornou-se uma atividade econômica não sustentável. Segundo as estimativas internacionais a geração *per capita*

desse resíduo varia entre 130 e 3.000 kg.hab⁻¹.ano⁻¹. No caso do Brasil, Pinto (2003) apresenta que conforme os dados apurados entre os anos 2000 e 2002 os resultados apresentam entre 230 e 730 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ e considera que a massa de RCC gerada nas cidades, muitas vezes, é igual ou maior do que a massa dos resíduos domiciliares. O autor ressalta que no período atual o volume de resíduos gerados em cidades brasileiras de médio e grande porte podem ser ainda maiores.

John e Agopyan (2003) desenvolveram estudos que demonstram algumas ações que direcionam para a redução da geração de resíduo na construção civil: mudanças de tecnologia; aperfeiçoamento e flexibilidade de projeto; melhoria da qualidade de construção, de forma a reduzir a manutenção causada pela correção de defeitos; seleção adequada de materiais, considerando, inclusive, o aumento da vida útil dos diferentes componentes e da estrutura dos edifícios; capacitação de recursos humanos; utilização de ferramentas adequadas; melhoria da condição de estoque e transporte; melhoria da condição de estoque e transporte; melhor gestão de processos; incentivo para que os gestor realize modificações nas edificações e não demolições; taxaço sobre a geração de resíduos; medidas de controle de disposição; e campanhas educativas. Identifica-se que o problema principal desse tipo de resíduo, do ponto de vista ambiental e até estético, é a sua deposição irregular, incentivando a criação de pontos de lixo, diante disso, ações que visam a intervir para reduzir estas práticas demonstram-se fundamentais para o controle de resíduos urbanos provindos de construção, manutenção e reformas e demolição.

Todo material convencional, seja ele o concreto ou demais componentes que são utilizados nos processos de construção civil são classificados e definidos o seu desempenho a partir de estudos que comprovem os atributos como desempenho e resistência, o que difere um concreto convencional e um concreto com agregado reciclado são as características relacionadas a sua porosidade, não apenas do cimento, mas de todo o material que compõem a combinação deste material (Ângulo e Figueiredo, 2011).

Os agregados de rejeitos de construção civil podem ser classificados em:

Agregado de resíduo de concreto (ACR): Obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à Classe A (Resolução CONAMA nº 307), composto na sua fração gráuda, de no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de Cimento Portland e rochas e agregado de resíduo misto (ARM): Também obtido do beneficiamento de resíduo pertencente à Classe A, e cuja fração gráuda é composta por menos de 90% em massa de fragmentos à base de Cimento Portland e de rochas (ABNT NBR 15116:2004).

O método sustentável de fabricar pavers parte da utilização dos resíduos de construção e demolição (RCD) que, através da reciclagem, se obtém tanto o agregado miúdo (areia reciclada) quanto o agregado gráudo (pedrisco reciclado) para a fabricação dos blocos de concreto (Cavalcanti et al., 2011). Correia (2014) assevera que o uso de RCD (resíduos de construção e demolição) em camadas de pavimentos, além de apresentar benefícios ambientais, apresenta também uma economia de 46,4% nos custos da obra, uma vez que o material reciclado é bem mais barato que o convencional e considerando que o RCD tem o mesmo desempenho em questão de resistência.

Amadei (2011) aponta que diversos fatores, durante a fabricação dos pavers, podem interferir na qualidade dos blocos de concreto, como o tipo de máquinas e equipamentos, os materiais utilizados, a dosagem destes, dentre outros. Fioriti (2007) ressalta que para a fabricação de blocos de concreto para pavimentação, os materiais utilizados são, basicamente, aglomerantes, agregado miúdo, agregado gráudo, água e, por vezes, aditivo. Ou seja, os materiais empregados na produção dos blocos são os mesmos do concreto convencional, considerando que as diferenças são intrínsecas ao processo.

Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como um estudo do caso da empresa ABC, uma construtora e indústria de pavers situada no Município de Cascavel-PR, com o intuito de levantar as percepções do empresário quanto a viabilidade e possíveis entraves para a elaboração de um Paver ecológico, utilizando resíduos de construção civil como parte da matéria prima em seu processo produtivo. Para tal, a coleta de dados ocorreu por meio de uma entrevista realizada com o gestor da empresa. A entrevista ocorreu por meio de um roteiro estruturado, com perguntas abertas aos participantes.

O roteiro é composto por nove questões e foi embasado nos achados de Dantas Filho et al. (2020), que abordou que a confecção de pavers provenientes do beneficiamento de resíduos de construção civil. As questões 1, 2 e 3 buscou compreender como ocorre o processo de fabricação convencional de pavers, desde a separação do insumo utilizado, maquinários necessários e as principais técnicas utilizadas no processo de fabricação. As questões 4, 5 e 6 buscou por entender a viabilidade quanto a escolha dos insumos necessários para a fabricação do paver ecológico, assim como os critérios de qualidade envolvidos neste processo, as questões 7, 8 e 9 buscam compreender se há viabilidade quanto a escolha de outros tipos de resíduos que possam compor o processo de fabricação deste produto, já a alternativa 10 visa a enxergar as perspectivas futuras da empresa pesquisada diante das oportunidades de expansão para este mercado.

A entrevista com o gestor da empresa, objeto do estudo, foi realizada por meio de uma visita presencial, onde foi possível, por meio do diálogo, coletar informações e identificar as etapas do processo de fabricação de blocos de concreto para pavimentação. O conteúdo coletado foi transcrito totalizando a quantidade de 3.980 palavras, o relato teve duração de 38 min e 28 s. A visita também forneceu dados por meio da observação não participante do processo produtivo em questão. Os dados coletados foram analisados, segundo a ordem do instrumento utilizado, e buscou responder os questionamentos propostos de forma imparcial e seguindo a linha de raciocínio do gestor da empresa.

A triangulação dos dados refere-se busca de dados por diferentes fontes (Denzin, 2009). Consiste não em retirar conclusões fidedignas e precisas, mas permitir que os investigadores sejam mais críticos, e até cépticos, face aos dados recolhidos (Fielding e Schreier, 2001). A triangulação deste estudo foi feita a partir da observação, por meio da visita a sede da empresa, registrado por fotos, relato dos fatos, registrado a transcrição em arquivo e a comparação com estudos anteriores referente ao assunto objeto do estudo.

Resultados e discussão

Durante a fase de coleta dos dados, a primeira pergunta se deu em relação ao sistema de fabricação de paver ecológico, os responsáveis pela empresa em estudo explicaram que o processo consiste na substituição do pedrisco e areia do paver convencional por material adquirido em usinas de reciclagem de resíduos de material de construção, ou seja, agregados miúdos provenientes de resíduos. Segundo Buttler et al. (2005), os agregados reciclados variam de acordo com sua origem, sendo os obtidos através de demolição e relacionados a obras civis bastante heterogêneos o que dificulta a sua separação e classificação, segundo o conceito apresentados pelo autor, por meios estudos teóricos anteriores, em suma, na prática, o material é produzido a partir dos restos de construções, demolições e reformas e geralmente não há separação dos materiais, gerando um granulado que contém restos de concreto, areia, tijolo, telha e demais resíduos no processo conforme apresentado pelo responsável pela empresa analisada.

O material usinado na empresa ABC possui mais de uma fonte de resíduo, resultando na dificuldade de se chegar a um paver com qualidade para comércio, segundo o relato do gestor. Uma vez que, a sua coloração avermelhada, resultado dos resíduos de tijolos de barro utilizados na mistura, o faz perder valor comercial do produto final, além de dificultar as análises e cálculo de resistência do material produzido.

O gestor acredita que não vai conseguir inserir o paver ecológico neste mercado como uma segunda linha de pavers, pois a exigência dos clientes é por um padrão mínimo de qualidade do material já entregue e instalado. Tendo em vista que o aspecto do paver ecológico apresenta uma coloração diferente do produto convencional o gestor relatou que será difícil tornar o produto escalável, mas acreditam que podem inseri-lo no mercado como uma alternativa para substituir o tijolo maciço que é utilizado como matéria prima para a construção civil.

Nesta mesma linha, Silva et al. (2014) destacam que maior parte dos resíduos pode ser reutilizada ou reciclada, servindo de matéria-prima para elaboração de outros produtos, economizando energia e recursos naturais, além da geração de renda. A destinação do paver ecológico com pigmentação avermelhada e sem valor comercial pode ganhar espaço se utilizada como tijolo, podendo também gerar renda como uma alternativa secundária viável para a empresa.

Ao serem questionados sobre a viabilidade dos processos de fabricação dos pavers (processo dormido, virado ou prensado), o gestor relatou que segue as diretrizes do conceito de sustentabilidade, explicando que se utiliza o processo de prensagem para a fabricação dos tijolos e pavers em sua planta, pois no seu entendimento o processo de prensagem garante maior qualidade e rigidez para o produto final “porque é tirado a água, quanto menos água você põe no material mais resistência ele vai dar” (Gestor X). Assim, o processo utilizado permite que o produto final possua as características ideais que garantam qualidade e rigidez adequada.

Além disso, para controle de qualidade, o processo de fabricação precisa ser catalogado e seguir um grau mínimo de rigidez que deve ser medido e acompanhado de laudo técnico para atestar a qualidade deste produto diante disso, o gestor aponta que “a cada 15 dias é tirado uma amostra dos lotes e mandado para um laboratório terceirizado para análise do produto” (Gestor X), o gestor destaca também que devido ao maquinário ser automatizado a probabilidade de erros é mitigada podendo garantir que a receita utilizada seja a mesma. “Então você tem a receita do bolo ali todo dia a mesma, então para ter alguma variação é só se vir uma areia um pouquinho diferente, ou alguma coisa assim tipo o pó de pedra, mas a receita é a mesma” (Gestor X).

Carneiro (2005) reforça que atualmente existem muitas tecnologias para reciclagem total ou parcial dos resíduos da construção civil com viabilidade econômica, redução nos custos na compra de matéria prima e na extração recursos naturais, diante disso, o resultado pode ser medido por meio dos fatores econômicos, uma vez que geram uma nova fonte de renda, quanto ambiental, pois graças ao reaproveitamento de resíduos permite o reaproveitamento adequado respeitando os critérios de manejo e destinação.

O contexto apresentado pelo entrevistado corrobora com Amadei (2011), que ressalta que diversos fatores, durante a fabricação dos pavers, podem interferir na qualidade dos blocos de concreto, como o tipo de máquinas e equipamentos, os materiais utilizados, a dosagem destes, e assim por diante, desta forma é fundamental que o controle dos materiais seja acompanhado de perto para em caso de qualquer alteração nos critérios estabelecidos, estes possam ser encontrados e corrigidos a fim de evitar prejuízos futuros diante do processo de remanufatura do material.

O paver pode ter uma durabilidade extremamente alta, Fioriti et al. (2006) caracterizam os parâmetros pela permeabilidade e capacidade drenantes permitindo a infiltração de água no piso e assim contribuindo com a diminuição de pisos impermeáveis em ambientes urbanos. A ABNT NBR 9781:2013 (ABNT, 2013) determina que o paver

para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha deve apresentar uma resistência de compressão de no mínimo 35 mpa. Sendo assim, a empresa ABC, objeto deste estudo, precisa apresentar aos seus clientes constantemente laudos de análises do produto, para garantir qualidade, resistência e o método de fabricação empregado, buscando a validação quanto ao atendimento as normas exigidas. Diante deste contexto, o gestor ressaltou que sempre procura comprar os agregados sempre do mesmo fornecedor para minimizar as variações de um lote para o outro e manter a produção o mais padronizado possível.

Na sequência o questionamento foi voltado aos insumos e maquinários necessários para iniciar a produção de paver para fins comerciais, visando a entender os parâmetros da empresa em estudo, como qual o volume ideal de produção e o quanto de capital a empresa julga ser necessário para tais operações. O gestor iniciou explicando que são necessários os mesmos insumos para a fabricação do paver convencional, como a pedra, areia, cimento e água, porém resalta que as quantidades podem variar de produto para produto, pois cada insumo tem a sua proporção correta, que é pesado e medido a cada etapa.

Quanto à questão de produção e investimento, depende do público que a empresa quer atingir, segundo ele é possível fabricar o paver em pequena escala usando apenas formas apropriadas. O investimento em maquinário na empresa foi de aproximadamente um milhão de reais, com o intuito de cessar a aquisição de paver de terceiros e passar produzir o próprio produto para suprir a demanda das pavimentações de sua própria construtora, ou seja, pelo planejamento estratégico do gestor, não há sobra da produção para vender a terceiros.

Para a fabricação de blocos de concreto para pavimentação, os materiais utilizados são, basicamente, aglomerantes, agregado miúdo, agregado graúdo, água e, por vezes, aditivo. Ou seja, segundo a teoria, os materiais empregados na produção dos blocos são os mesmos do concreto convencional, considerando que as diferenças são intrínsecas ao processo (Fioriti, 2007). O entrevistado X considera a o processo de fabricação do paver como uma receita de bolo, onde os insumos de qualidade como parte dos ingredientes tornam ideal o resultado do paver, diante desta perspectiva reforça-se a importância de substituir parte dos agregados do processo de produção por fontes alternativas que demandam o mesmo resultado.

O entrevistado X, também apontou como ponto negativo da empresa ACB estão a dificuldade em confeccionar um produto com o mesmo padrão de qualidade e aparência do modelo convencional, ao serem questionados se empresa já realizou alguma produção experimental do paver com resíduos, assim como, se houve redução no custo diante do produto convencional, em resposta, o gestor x informou que já foram feitos testes, e como já mencionado, após a mistura dos ingredientes as primeirasavas acabam saindo “contaminadas” e assim separados dos demais, gerando duas linhas de produto acabado.

Os pavers com resíduos de construção apresentaram uma coloração avermelhada, devido a matéria-prima utilizada ter origens de argila ou pigmento, como tijolos e cerâmicas, os pavers contaminados são impróprios para a comercialização como de forma convencional, porém o gestor aponta que há a intenção de inseri-los no mercado como opção para substituir o tijolo maciço, podendo ser o novo carro chefe da empresa.

Segundo o gestor X, a intenção da empresa é desenvolver um produto inovador de baixo custo com a adoção de práticas sustentáveis e o avanço e desenvolvimento da ciência em diversos segmentos, no entanto, segundo Matsuda (2018), identifica-se que nem sempre é possível dominar uma cadeia de ponta a ponta, notando que em muitos casos que aparentam ser bem-sucedidos podem também apresentar pontos negativos principalmente quando se trata de gestão de rejeitos e descarte de materiais, neste caso é preciso entender se a parceria entre uma terceira empresas especializadas na confecção

deste tipo de produto poderia ser vantajoso para a companhia, visto a redução das incertezas e custos operacionais para correções e escoamento do material.

O uso de RCD (resíduos de construção e demolição) em camadas de pavimentos, além de apresentar benefícios ambientais, apresenta também uma economia de 46,4% nos custos da obra, uma vez que o material reciclado é bem mais barato que o convencional e considerando que o RCD tem o mesmo desempenho em questão de resistência (Correia, 2014). Com relação aos custos de fabricação, o entrevistado ressaltou que não foram feitos cálculos exatos, mas mensura-se uma redução de 60% no custo de fabricação.

O gestor foi questionado se a empresa já realizou estudos que buscassem atestar a viabilidade quanto ao uso de resíduos de construção civil na fabricação dos pavers, ou considerando os próprios resíduos gerados pela produção destes, buscando assim entender como são tratados estes rejeitos. O gestor X afirmou que suas obras de instalação e colocação de pavers praticamente não produzem rejeitos, podendo acontecer do paver quebrar ou estar impróprio para o consumo, então este retorna para empresa e passa por um processo de trituração, assim retorna como insumo para a fabricação de novos pavers.

Segundo Querino e Pereira (2016) é possível destacar que o aumento do uso de recursos naturais e a produção de resíduos, refletem a necessidade de minimização e tratamento adequado dos resíduos descartados. Já, segundo o gestor os poucos resíduos gerados são destinados adequadamente para uma empresa credenciada e especializada em transporte e destinação de rejeitos.

Ao serem questionados acerca de como deve ser as características de um paver de excelência, o gestor mencionou que o paver deve possuir um aspecto uniforme, sem fissuras ou rachaduras, com aspecto de liso, coloração acimentado e sem rebarbas. A declaração do entrevistado alinha-se à ABNT NBR 9781:2013 (ABNT, 2013), as peças devem ser obrigatoriamente analisadas visualmente para verificação de possíveis defeitos que prejudiquem o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento, elas devem possuir aspecto homogêneo, arestas regulares, ângulos retos e devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação, sendo admitidas pequenas variações de coloração conforme informado no lote pela fornecedora.

Diante do exposto pelo gestor notou-se que a percepção da instituição avançante do exposto pela teoria, onde a busca pela adequação as normas estabelecidas pelos órgãos responsáveis garantem o compromisso da empresa em seguir as legislações pertinentes ao setor diante a sua responsabilidade técnica e ambiental.

Na sequência buscando entender o cenário atual da empresa ABC, o gestor foi questionado se acredita ser viável investir no paver de resíduos da construção, assim como, se há demanda para este tipo de produto, o gestor X explicou que para atender os contratos de licitações (atual segmento da empresa) este produto é inviável como paver, mas a empresa tem a intenção de expandir, investindo em mais uma máquina, para produzir somente blocos com rejeitos e inserir o produto no mercado como tijolo maciço ecológico como alternativa de distribuição destes produtos.

Mesmo diante de todo o contexto de organização na tentativa de tornar viável este produto o gestor se demonstra-se incentivado diante da responsabilidade tomada por esta ação, visto que, muitos resíduos são depositados em locais inapropriados, causando vários riscos e impactos socioambientais como, por exemplo, proliferação de vetores de doenças, assoreamento de córregos e rios, e consequentemente poluição visual, ocasionando assim transtornos e prejuízos à cidade e aos cidadãos conforme menciona (Mendes et al., 2004; Sanchez, 2013; Paschoalin Filho e Duarte, 2014).

A empresa pretende investir em um novo produto com a intenção de reutilizar rejeitos de obras que são usinados e vendidos por preços acessíveis, reduzindo uma fatia dos custos operacionais, aumento os lucros e principalmente ajudando o meio ambiente por meio da destinação adequada.

Com relação ao valor de venda a ser aplicado, a empresa não estabeleceu um número, mesmo porque ela ainda pretende fazer mais testes antes de investir, atualmente a empresa trabalha em sua capacidade máxima, para produzir mais teriam que ser feitos novos investimentos em equipamento e mão de obra.

Conclusão

Conclu-se que a presente pesquisa apresentou viabilidade para a produção e distribuição de tijolos e pavers, utilizando resíduos de construção civil em sua base. Notou-se que tal prática vem ganhando notoriedade, visto à redução de resíduos destinados aos aterros, no qual eram descartados sem controle sanitário algum. As práticas de reaproveitamento de resíduos produziram três produtos, o paver ecológico, tijolos refratários e os tijolos maciços, que pode se tornar um potencial produto para a empresa ABC.

Por este estudo não foi possível atestar o preço ideal a ser praticado por um produto com tais características, visto que para tal comprovação primeiramente seriam necessários estudos que atestes a aceitabilidade deste novo produto para clientes e consumidores finais. A empresa em estudo afirma que os produtos são todos destinados a obras públicas, devendo serem certificadas e validadas quanto a resistência e desempenho, no entanto para o novo produto, com base nas informações apresentadas, não foi possível mensurar o custo produto para o comércio a consumidores finais.

Segundo as informações relatadas pelo gestor, o paver ecológico se mostrou inviável para os padrões de mercado, segundo o gestor, tal resultado é obtido por seu aspecto que foge do padrão utilizado hoje, porém o mesmo produto da forma como está pode ser inserido no mercado como um substituto viável e com preço acessível para o tijolo maciço. Ficando como sugestão para trabalhos futuros o aprofundamento no estudo, realizando os cálculos do custo de produção, formatação do preço de venda e avaliar a aceitação do produto por consumidores potenciais.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15116:2004 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 9781:2013 - Peças de concreto para pavimentação especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

Alves, C. E. T.; Quelhas, O. L. G. A ecoeficiência e o ecodesign na indústria da construção civil: uma abordagem a prática do desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos com uma visão de negócios. Associação Educacional Dom Bosco, 2004. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos04>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

Amadei, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do Município de Juranda-PR**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2011. (Dissertação de mestrado).

Amato Neto, J. N. **Redes de cooperação produtiva e clusters regionais: oportunidades para as pequenas e médias empresas**. São Paulo: Atlas, 2000.

Bodi, J.; Brito Filho, J. A.; Almeida, S. Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana. *Anais da Reunião Anual de Pavimentação*, Cuiabá, v. 3. p. 409-436, 1995.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=10889>>. Acesso em: 13 fev. 2022.

Brasileiro, L. L.; Matos, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, v. 358, n. 61, p. 178-189, 2015. <https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>

Buttler, A. M.; Correa, M. R. S.; Ramalho, M. A. Agregados reciclados na produção de artefatos de concreto (São Paulo-SP, Brasil). *Concreto*, n. 37, p. 24-27, 2005.

Carneiro, F. P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na Cidade do Recife, Pernambuco**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2005. (Dissertação de mestrado).

Castro, M. C. Desenvolvimento sustentável: a genealogia de um novo paradigma. (São Paulo-SP, Brasil). *Economia e Empresa*, v. 3, n. 3, p. 22-32, 1996.

Cavalcanti, E. C. M.; Amorim, R. P. F.; Almeida Junior, G. S. Pavimentação intertravada: utilização de resíduos de construção e demolição para fabricação de e assentamento de pavers. *Anais do XV INIC, Jacareí, Universidade do Vale do Paraíba*, 2011.

Chizzotti, A. **Pesquisa qualitativa em Ciências Humanas e Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006.

Correia, R. S. **Estudo de viabilidade econômica para o uso de resíduos de construção e demolição em camadas de base e sub-base de pavimentos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

Dantas Filho, M. D.; Badu, A. M. F.; Silva, F. D. G.; Guedes, S. B.; Maia, Y. W. A. Estudo do concreto com RCC para produção de pavers para pavimentação no *campus*. *Anais do Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, Gramado, IBEAS, 2020.

Denzin, N. K. **The research act: A theoretical introduction to sociological methods**. New York: Routledge, 2009.

Ellen MacArthur Foundation. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition**. Isle of Wight: EMF, 2012. v. 1. Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

Fernandes, C. G. **Caracterização mecânica de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição para uso em pavimentação dos Municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004. (Dissertação de Mestrado).

Fielding, N.; Schreier, M. Introduction: On the compatibility between qualitative and quantitative research methods. *Qualitative Social Research*, v. 2, n. 1, art. 4, 2001. <https://doi.org/10.17169/fqs-2.1.965>

Fioriti, C. F.; Akasaki, J. L.; Ino, A. Fabricação de pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de recauchutagem de pneus. *Anais do XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído*, João Pessoa, 2006.

- Fioriti, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2007. (Tese de doutorado).
- Haguenauer, L.; Bahia, L. D.; Castro, P. F.; Ribeiro, M. B. **Evolução das cadeias produtivas brasileiras na década de 90**. Brasília: IPEA, 2001.
- Hortegal, M. V.; Ferreira, T. C.; Sant’Ana, W. C. Utilização de agregados resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís-MA. **Pesquisa em Foco**, v. 17, n. 2, p. 60-74, 2009.
- John, V. M.; Agopyan, V. Reciclagem de resíduos da construção. Anais do Seminário Reciclagem de Resíduos Domiciliares, São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, CETESB, 2000.
- Kirchherr, J.; Reike, D.; Hekkert, M. Conceptualizing the Circular Economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221-232, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. Circular Economy: The concept and its limitations. **Ecological Economics**, v. 143, p. 37-46, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Lu, W.; Yuan, V. W. Y. Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, n. 16, p. 214-223, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.007>
- Matsuda, A. S. M. **Relação entre construção enxuta e sustentabilidade para redução de resíduos sólidos da construção civil**. Maringá: Universidade CESUMAR, 2018.
- Melo, A. L. R.; Ferreira, M. L.; Rodrigues, R. C. Utilização de resíduos da construção civil na pavimentação: uma revisão sistemática. **Engineering Sciences**, v. 9, n. 1, p. 102-113, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0011>
- Mendes, T. A.; Rezende, L. R.; Oliveira, J. C.; Guimarães, R. C.; Carvalho, J. C.; Veiga, R. Parâmetros de uma pista experimental executada com entulho reciclado. Anais da 35ª Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro, 2004.
- Mendoza, F. J. C.; Altabella, J. E.; Izquierdo, A. G. Application of inert wastes in the construction, operation and closure of landfills: Calculation tool. **Waste Management**, v. 59, p. 276-285, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.041>
- Munro David, A. **Cuidando do Planeta Terra: uma estratégia para o futuro da vida**. São Paulo: UICN, PNUMA e WWF Internacional, 1991.
- Murray, A.; Skene, K.; Haynes, K. The Circular Economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, p. 369-380, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Nascimento, J. A. S.; Barreto, R. C. **A mineração urbana de resíduos eletroeletrônicos: perspectivas a partir da aplicação dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2019.
- Paschoalin Filho, J. A.; Duarte, E. B. L. Caracterização e destinação dos resíduos de construção gerados na construção de um edifício comercial localizado na Cidade de São Paulo. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 223-246, 2014. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v3e22014223-246>

Pinto, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. (Tese de doutorado).

Querino, L. A. L.; Pereira, J. P. G. Geração de resíduos sólidos: a percepção da população de São Sebastião de Lagoa de Roça, Paraíba. **Revista Monografias Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 404-415, 2016. <https://doi.org/10.5902/2236130819452>

Rajnai, Z.; Kocsis, I. Assessing Industry 4.0 readiness of enterprises. Proceeding of the 2018 IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), Kosice and Herlany, Slovakia, p. 225-230, 2018.

Sanchez, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Silva, E. M. T.; Virgolin, I. W. C.; Lima, A. P. A.; Araújo, R. A gestão de resíduos sólidos urbanos no Corede Alto Jacuí. Anais do 5º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2014.

Silva, W. C.; Santos, G. O.; Araújo, W. E. L. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286-301, 2017. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e22017286-301>

Yuan, H. A model for evaluating the social performance of construction waste management. **Waste Management**, v. 32, n. 6, p. 1218-1228, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.028>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.