

IV Conara



Anais do IV Congresso Araguaense de Ciências Exata,
Tecnológica e Social Aplicada - IV Conara

Inovações Educacionais e reflexões para um
direcionamento mais inclusivo e sustentável

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Biblioteca Setorial do Instituto de Engenharia do Araguaia

Congresso Araguaense de Ciências Exata, Tecnológica e Social Aplicada (4. : 2022: Santana do Araguaia, PA)

Anais do IV Congresso Araguaense de Ciências Exata, Tecnológica e Social Aplicada [recurso eletrônico] / Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Engenharia do Araguaia. — Santana do Araguaia: Unifesspa/IEA, 2022.

Modo de acesso: <https://conara.unifesspa.edu.br/edicoes-anteriores-1/disciplinas.html>

Tema: Inovações educacionais e reflexões para um direcionamento mais inclusivo e sustentável.
ISSN 2763-8073

1. Ciência – Congressos. 2. Tecnologia - Educação - Congressos. 3. Inclusão (Educação) - Congressos. 4. Ecologia social. I. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Instituto de Engenharia do Araguaia. II. Título.

CDD: 22. ed.: 370

Elaborado por Lisnéa de Oliveira Gomes – CRB2/1684

1. LICENCIATURA EM MATEMÁTICA	1
<i>1.1 - A importância das taxas de juros na economia.</i>	2
<i>1.2 - Análise de evasão dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil do IEA/Unifesspa.</i>	11
<i>1.3 - Jogos de expressões matemáticas com fins educativos um relato de experiência.</i>	27
<i>1.4 - Recursos didáticos para o ensino de matemática financeira.</i>	40
<i>1.5 - Uma Pesquisa-ação relacionada ao ensino de números inteiros com jogos didáticos concreto em Santana do Araguaia - PA.</i>	51
2. ENGENHARIA CIVIL	63
<i>2.1 - A importância do manuseio dos instrumentos topográficos Teodolito e Estação total Um estudo literário.</i>	64
<i>2.2 - A permeabilidade do solo nas cidades e o uso dos pavimentos permeabilizantes.</i>	74
<i>2.3 - Análise do potencial revolucionário do Sistema GNSS com RTKNTRIP.</i>	85
<i>2.4 - Desenvolvimento de Sistemas de Baixo Custo Para Análise de Vibrações Mecânicas Utilizando Softwares Mobile Gratuitos.</i>	97
<i>2.5 - Estudo comparativo de implantação de fábrica de pavimento intertravado de concreto em Santana do Araguaia - PA.</i>	114
<i>2.6 - Estudo comparativo para instalações prediais de gás uma revisão sistêmica.</i>	130

Estudo comparativo de implantação de fábrica de pavimento intertravado de concreto em Santana do Araguaia - PA

Comparative study of the implementation of an interlocking concrete pavement factory in Santana do Araguaia - PA

Estudio comparativo de la implementación de una fábrica de pavimentos de concreto entrelazado en Santana do Araguaia - PA

Eixo temático: Engenharia Civil, Estruturas e Materiais

FREITAS, Marcus Vinícius Pereira de¹; SIMAS, Tarciso Binoti²; CARVALHO, Mavial de³; PAIVA, Mayanne Vieira de⁴; FERREIRA, Willian dos Santos⁵; ANDRADE, Rodrigo da Silva⁶.

¹mvpfreitas@unifesspa.edu.br , Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Brasil.

²tarciso@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Brasil.

³mavial.carvalho@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Brasil.

⁴mayvieirap@gmail.com, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Brasil.

⁵willian.santos@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Brasil.

⁶rodrigo.andrade@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), Brasil.

Resumo: O uso do pavimento intertravado de concreto (paver) vem crescendo em muitas cidades do Brasil, sendo empregado na pavimentação de ruas com médio e baixo tráfego de veículos, por oferecer uma alternativa viável e de qualidade para vias urbanas. Com interesse em conhecer sobre o sistema produtivo desse pavimento, este trabalho tem como objetivo investigar os equipamentos necessários para a implantação de uma fábrica de paver e de blocos de concreto, seus custos de implantação e de produção, realizando um comparativo de produtividade e custos, com enfoque na área de paver. O estudo consistiu em três etapas: pesquisa bibliográfica; levantamento de custos dos equipamentos com as empresas fornecedoras; e análise comparativa de custos e de produtividade entre os fabricantes pesquisados. O trabalho apresenta as vantagens e principais características deste produto, os componentes necessários para implantação da fábrica e os levantamentos de custos realizados, comparando a produção de cada equipamento em relação ao seu custo de implantação. Os resultados obtidos apontam que a escolha mais vantajosa seria a vibro-prensa VP-2B da Empresa 2, pois seu custo final de implantação ficou bem abaixo das demais, enquanto a produtividade foi maior, apresentando um bom custo benefício.

Palavras-chaves: pavimento intertravado; sistema produtivo; produtividade; custo benefício.

Abstract: The use of interlocking concrete pavement (paver) has been growing in many cities in Brazil, being used in the paving of streets with medium and low vehicle traffic, as it offers a

viable and quality alternative for urban roads. With an interest in knowing about the production system of this pavement, this work aims to investigate the necessary equipment for the implantation of a paver and concrete block factory, its implantation and production costs, carrying out a comparison of productivity and costs, focusing on the paver area. The study consisted of three stages: bibliographic research; survey of equipment costs with supplier companies; and comparative analysis of costs and productivity among the surveyed manufacturers. The work presents the advantages and main characteristics of this product, the components necessary for the implantation of the factory and the surveys of costs carried out, comparing the production of each equipment in relation to its implantation cost. The results obtained indicate that the most advantageous choice would be the VP-2B vibro-press from Company 2, since its final implementation cost was well below the others, while productivity was higher, presenting a good cost benefit.

Keywords: *interlocked pavement; productive system; productivity; cost benefit.*

Resumen: *El uso de pavimento de hormigón entrelazado (adoquín) ha ido creciendo en muchas ciudades de Brasil, siendo utilizado en la pavimentación de calles con tráfico de vehículos medio y bajo, ya que ofrece una alternativa viable y de calidad para las vías urbanas. Con interés en conocer el sistema de producción de este pavimento, este trabajo tiene como objetivo investigar los equipos necesarios para la implantación de una fábrica de adoquines y bloques de hormigón, su implantación y costos de producción, realizando una comparación de productividad y costos, centrándose en la área de adoquines. El estudio constó de tres etapas: investigación bibliográfica; relevamiento de costos de equipos con empresas proveedoras; y análisis comparativo de costos y productividad entre los fabricantes encuestados. El trabajo presenta las ventajas y principales características de este producto, los componentes necesarios para la implantación de la fábrica y los levantamientos de costos realizados, comparando la producción de cada equipo en relación a su costo de implantación. Los resultados obtenidos indican que la elección más ventajosa sería la vibroprensa VP-2B de la Empresa 2, ya que su costo final de implementación estuvo muy por debajo de las demás, mientras que la productividad fue mayor, presentando un buen costo beneficio.*

Palabras clave: *pavimento entrelazado; sistema productivo; productividad; costo beneficio.*

1 Introdução

O uso do pavimento intertravado de concreto vem crescendo em muitas cidades do Brasil, sendo empregado na pavimentação de ruas com médio e baixo tráfego de veículos, por oferecer uma alternativa viável e de qualidade para vias urbanas (SOUZA, 2013). Popularmente conhecido como paver, esse material se tornou atrativo por seus aspectos tecnológicos, ambientais e também econômicos, contribuindo para o desenvolvimento de um sistema prático e confiável (FIORITTI, 2007).

A pavimentação é uma obra de infraestrutura urbana que necessita de altos investimentos para produção, execução e manutenção, além de influenciar negativamente em várias questões ambientais. Portanto, é fundamental a busca por soluções tecnológicas que otimizem sua execução e que proporcionem economia nos recursos de manutenção, ao mesmo tempo em que garanta um bom desempenho e maior durabilidade do pavimento (FILGUEIRAS, 2019). Nesse cenário, a utilização do pavimento intertravado de concreto para pavimentação se mostra como uma opção atrativa em comparação ao pavimento asfáltico, devido às diversas vantagens que apresenta e podendo ser utilizado em larga escala.

A durabilidade média do pavimento asfáltico é de dez anos ou menos, entretanto, o pavimento intertravado pode durar até 25 anos, desde que seja garantida a qualidade dos blocos e o controle executivo do pavimento. Além disso, o paver também apresenta benefícios ambientais como a redução das ilhas de calor, potencial de redução de consumo de energia elétrica com iluminação pública, possível diminuição de consumo de combustíveis e redução de emissões de gases de efeito estufa pelos veículos que trafegam em pavimentos desse tipo (FIORITTI, 2007).

No Pará, percebe-se a aplicação do pavimento intertravado em obras para pavimentação de vias, calçadas, praças e estacionamentos, sendo estes produzidos muitas vezes em pequenas fábricas onde normalmente não possuem sistemas automatizados e nem meios que garantam o controle de qualidade do produto final. Observa-se um cenário crítico em regiões descentralizadas, a exemplo o sul e sudeste do estado, onde há escassez de fábricas de paver que consigam atender toda a demanda local.

No mais, esta limitação nos processos produtivos não se aplica apenas a blocos de pavimentação, também afeta a produção de blocos de concretos estruturais e de vedação, visto que estes acabam necessitando de maior controle de qualidade e resistência, bem como se faz essencial o uso de sistemas automatizados ou semi-automatizados, facilitando atender as determinações presentes nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A NBR 6136 (ABNT, 2016) estabelece que a utilização dos blocos de concreto em obras civis está condicionada ao cumprimento de alguns requisitos, dentre eles, a resistência à compressão mínima que é de 3,0 MPa. Além disso, os blocos devem se enquadrar em alguma das quatro classes mínimas de resistência característica à compressão (A, B, C e D), sendo recomendados para função estrutural apenas os blocos das classes A, B e C, a classe D compreende a blocos que não são indicados a cumprir função estrutural.

No município de Santana do Araguaia, localizado no extremo sul do estado do Pará, observa-se a escassez de fábricas automatizadas de paver e de blocos de concreto, normalmente as fábricas existentes nesta cidade são constituídas de sistemas semi-automatizados. Portanto, é notório que a implantação de uma fábrica que ofereça produtos com qualidade e acessíveis à população é de grande relevância.

Visando conhecer sobre esse sistema produtivo, este trabalho busca investigar os equipamentos necessários para a implantação de uma fábrica de pavimentos intertravados e de blocos de concreto, seus custos de implantação e de produção, com enfoque na área de paver. Para isso, o trabalho apresenta as vantagens e principais características deste produto, os componentes necessários para implantação da fábrica e os levantamentos de custos realizados, comparando a produção de cada equipamento em relação ao seu custo de implantação.

2 Referencial teórico

2.1 Pavimento intertravado de concreto

O pavimento intertravado é formado por blocos de concreto para pavimentação, denominados de pavers ou bloquetes, que juntos formam um pavimento flexível e resistente. Este tipo de pavimento é utilizado para tráfego leve ou pesado, podendo ser aplicado em praças, pátios, calçadas, estacionamentos e vias urbanas. Os pavers podem ser produzidos em diversos modelos e cores, sua resistência e espessura variam conforme o tipo de uso a qual o pavimento é destinado (FIORITTI, 2007).

Os blocos para pavimentação intertravada de concreto são assentados sobre uma camada de areia e travados entre si por contenção lateral e por atrito entre as peças (Figura 1). A intensidade

do trânsito e as propriedades do solo que constituem o subleito sob o pavimento determinam a sua estrutura, que no geral é composta por leito, sub-base, base, camada de assentamento, contenção lateral, bloco de concreto e camada de rejunte (ABNT, 2013). As juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento, o que permite a utilização imediata do pavimento.

Figura 1 – Assentamento de paver Tipo I (16 faces).



Fonte: CimentPav (2022).

A NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação (ABNT, 2013) agrupa os pavers em quatro tipos, de acordo com o formato em que podem ser produzidos. O Tipo I descreve peças com formato próximo ao retangular, que possuem relação comprimento/largura igual a dois, e podem ser assentados em fileiras ou em espinha de peixe. Já no Tipo II, as peças possuem formato diferente do retangular, e só podem ser assentadas em fileiras, devido ao seu formato único. O Tipo III agrupa peças com formatos geométricos característicos, como trapézios, hexágonos, triédros etc. Por fim tem-se o Tipo IV, que são conjuntos de peças de concreto de diferentes tamanhos, ou uma única peça com juntas falsas, que podem ser utilizadas com um ou mais padrões de assentamento.

Quanto à especificação das dimensões das peças, a norma determina um comprimento máximo de 250 mm, com largura de no mínimo 97 mm na área destinada à aplicação de carga, espessura mínima de 60 mm, especificada em múltiplos de 20 mm. As tolerâncias dimensionais de comprimento, largura e espessura, são determinadas como 3 mm, para mais ou para menos (ABNT, 2013).

Esse tipo de pavimento oferece peças de resistências adequadas ao tráfego de veículos leves, veículos comerciais de linha e tráfego de pessoas (35 MPa) e também peças de maior resistência (50 MPa), para o tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados (ABNT, 2013), como por exemplo, a carga gerada pelo empilhamento de contêineres carregados em terminais marítimos e logísticos. Souza (2013) afirma que os blocos intertravados são indicados para zonas urbanas, por estas apresentarem um tráfego menor e consequentemente menos trepidação e sonoridade.

Figura 2 – Pavimento intertravado em via urbana.



Fonte: Assaí (2017).

Em sua pesquisa, Barbosa *et al.* (2021) compararam as características do pavimento intertravado em relação ao pavimento asfáltico e observaram que, embora o custo não seja uma vantagem direta do paver, este se destaca em relação à durabilidade, resistência e sustentabilidade, além dos aspectos executivos. Segundo os autores, o custo de uma obra nova de pavimentação com blocos de concreto intertravados é aproximadamente 18% mais caro que o pavimento asfáltico, entretanto, ao se analisar a longo prazo, o paver é a alternativa mais vantajosa pois enquanto a vida útil do pavimento asfáltico é de 8 a 12 anos a dos blocos de concreto é de no mínimo 20 anos, reduzindo assim os custos com reparos além da possibilidade de se reaproveitar cerca de 94% das peças, proporcionando economia de recursos (BARBOSA *et al.*, 2021).

A alta taxa de reuso das peças de concreto também traz benefícios quanto à sustentabilidade, minimizando o impacto ambiental ocasionado pelos resíduos que seriam gerados durante os reparos. Nesse aspecto, o paver também possibilita a reciclagem de materiais por meio da incorporação dos resíduos de concreto da construção civil na fabricação de novas peças, atuando de forma ambientalmente positiva (FILGUEIRAS, 2019).

Outra vantagem característica do paver sobre o asfalto é a facilidade de manutenção, tanto para a substituição de peças com defeito quanto para a realização de serviços no subsolo do pavimento, como por exemplo, instalações elétricas e hidráulicas (SOUZA, 2013). Em relação à execução, Barbosa *et al.* (2021, p. 2) afirmam que a facilidade de montagem das peças pode diminuir o tempo com treinamentos após a contratação da mão de obra, e por não necessitar de intervalo de cura após o assentamento, o trânsito de veículos e pessoas pode ser liberado imediatamente após a execução do pavimento.

Outras características favoráveis do pavimento intertravado referem-se ao escoamento superficial, conforto térmico e aspectos energéticos. De acordo com Carvalho (2011), o paver é indicado como uma superfície semi-permeável, acumulando água nos poros que posteriormente é evaporada, diminuindo o volume de água que irá escoar superficialmente. Essa taxa de permeabilidade no solo reduz a erosão no subleito, filtrando a água da chuva através da camada de base granular (MARCHIONI e SILVA, 2011 *apud* SOUZA, 2013).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2004), o pavimento intertravado oferece um conforto térmico maior que os pavimentos asfálticos devido a maior reflexão que este apresenta, diminuindo o aquecimento superficial da estrutura. Além desse aspecto relacionado ao conforto térmico, o paver possui um fator de luminância mais elevado que o pavimento asfáltico (cerca de 40% maior), o que pode gerar economia na iluminação

pública (FILGUEIRAS, 2019).

De modo geral, o desenvolvimento tecnológico do pavimento intertravado permitiu que fosse possível associar a forma geométrica das peças, com o desempenho do pavimento, em função do tipo de tráfego. Nas últimas décadas, esse tipo de pavimento tem ganhado espaço em larga escala no mercado, inclusive nas rodovias (FILGUEIRAS, 2019).

2.2 Sistema de produção de uma fábrica de paver

O processo produtivo do paver pode acontecer de diversas maneiras, aplicando diferentes técnicas desde as mais artesanais, até as mais tecnológicas e automatizadas. Conforme descreve Fernandes (2011), no processo manual é utilizado concreto lançado manualmente nos moldes, que podem ser de plástico, aço ou fibra, conferindo um acabamento superficial mais liso nas peças, posteriormente, o concreto é adensado manualmente ou com o auxílio de uma mesa vibratória e desmoldadas em seguida. No entanto, o autor afirma que esse processo de fabricação apresenta baixa produtividade e requer uma maior atenção na execução do pavimento, além de demandar um alto consumo de cimento devido à falta de energia de prensagem.

Com o avanço tecnológico, é comum serem adotados processos que aumentem a produção, podendo ser empregadas técnicas semi-automáticas e automáticas, com etapas de prensagem e equipamentos vibratórios. Ao abordar esta técnica é utilizado um concreto de consistência mais seca, adensado sob alta pressão e constante vibração em equipamentos de produção em escala denominadas vibro-prensas (VP). Destaca-se a importância em adquirir equipamentos com ótimo desempenho, resultando na produção de peças de qualidade (FIORITI, 2007).

Para Carvalho (1998), dentre os diversos processos de fabricação das peças de concreto, os que mais se destacam são aqueles que utilizam as vibro-prensas para a obtenção do produto final (Figura 3), por apresentarem vantagens consideráveis sobre outros tipos de equipamentos como as mesas vibratórias, por exemplo. Além do dispositivo de vibração, algumas vibro-prensas também possuem um dispositivo de compactação hidráulica, permitindo a moldagem de peças com menores teores de cimento, melhor acabamento superficial e maior resistência ao desgaste. O autor ainda recomenda o emprego de misturadores de eixo vertical, pois são considerados os mais adequados para o caso das misturas secas, que são utilizadas na fabricação dos pavers.

Figura 3 – Produção de paver por prensa pneumática.



Fonte: Schvaickardt e Mattos (2018).

Apesar dos benefícios citados, Schvaickardt e Mattos (2018) apontam que as vibro-prensas semi-automáticas podem ser influenciadas pelos procedimentos manuais controlados pelo operador, o que prejudica a prensagem homogênea de cada bloco e causa variações de tempo na vibração, ocasionando diferenças prejudiciais nos blocos de cada ciclo. Isto se reflete em variações nas resistências, sendo importante a adoção de processos mais automatizados de forma a garantir a padronização e a qualidade do produto final.

Fernandes (2011) afirma que entre os diversos tipos de equipamentos para produção tanto de pavers quanto de blocos de concreto, os mais eficientes são os hidráulicos (Figura 4), que empregam bomba e pistões a óleo. Em seguida vêm as pneumáticas (Figura 3), que possuem pistões movidos a ar comprimido e em geral, apresentam maior velocidade e um número maior de ciclos completos por minuto. No entanto, não proporcionam a mesma energia de compactação que as hidráulicas, resultando em consumos de cimento superiores (FERNANDES, 2011).

Figura 4 – Produção de paver por vibro-prensa hidráulica.



Fonte: ABCP (2010).

O sistema automatizado em série proporciona agilidade ao processo e padronização das peças de concreto, garantindo maior qualidade. Nesse sistema, utilizam-se máquinas automatizadas que funcionam por vibrocompressão, e cuja cura pode ser feita a vapor ou ao calor do sol. Os

benefícios da produção em escala com o uso das vibro-prensas apontam para o controle de homogeneidade das resistências mecânicas, textura e dimensões, que podem ser exercidos durante a fabricação dos produtos (FIORITI, 2007).

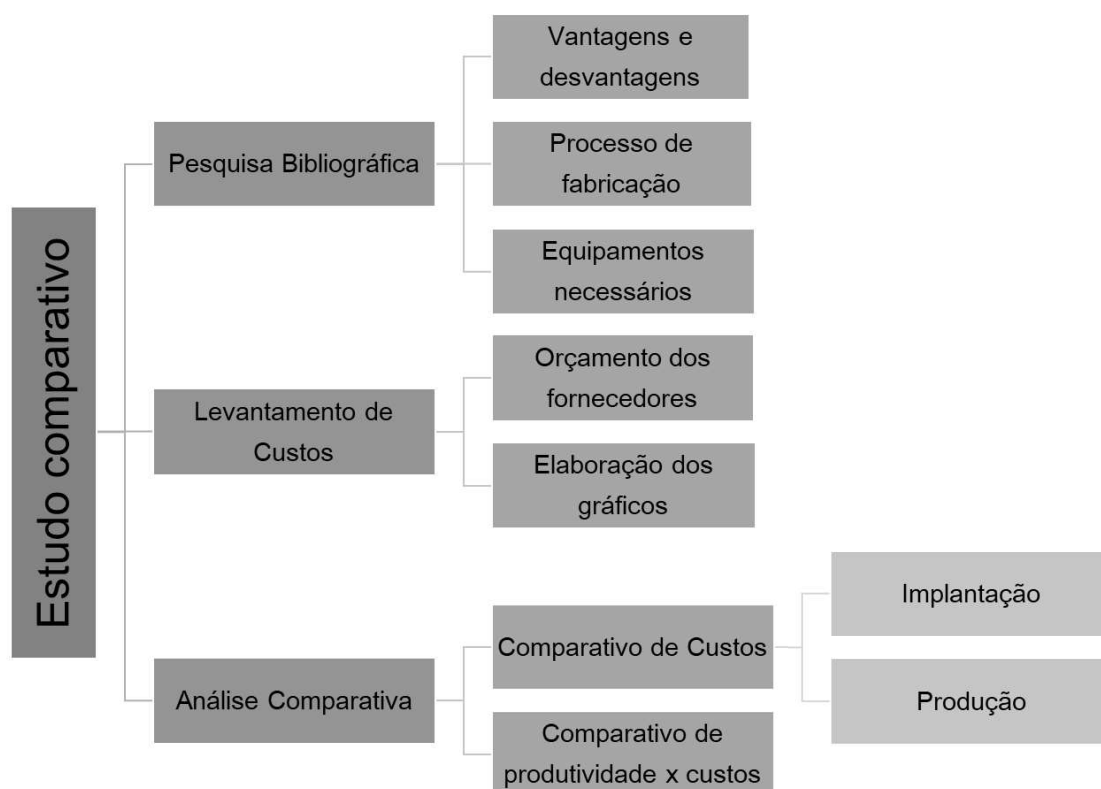
A ABCP (2010) afirma que a produção das peças de concreto em escala industrial por meio de vibroprensas, proporcionam elevada compactação às peças, aumentando sua resistência mecânica e durabilidade. Portanto, as peças já chegam prontas à obra e o processo industrializado garante ainda a uniformidade de cor, textura e das dimensões do produto final.

3 Metodologia

O presente estudo foi realizado em três etapas: a pesquisa bibliográfica objetivando conhecer sobre os processos de fabricação e os equipamentos necessários para implantação de uma fábrica de pavers e blocos, o levantamento de custos dos equipamentos com as empresas fornecedoras, e a análise comparativa de custos e de produtividade entre os fabricantes pesquisados. Para a pesquisa bibliográfica utilizou-se a plataforma Periódicos Capes para a busca de artigos e outros trabalhos que fundamentassem o tema, também foi consultada a norma ABNT NBR 9781/2013 Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Na segunda etapa, foi realizado um levantamento dos equipamentos necessários para a instalação de uma fábrica de paver e de blocos de concreto, quais os tipos de produto possíveis e quais as fabricantes que poderiam atender a essa demanda, chegando a três empresas, que aqui serão denominadas como Empresa 1, Empresa 2 e Empresa 3.

Na análise comparativa, avaliou-se: os custos dos equipamentos de cada empresa, conforme o nível de automação que cada uma apresenta; os custos de implantação, uma vez que existem custos indiretos como, por exemplo: tábuas de compensado naval, paletes e outras ferramentas de apoio à produção; e a produtividade das máquinas para cada tipo de produto final, considerando uma jornada de 8 (oito) horas. Para se comparar os dados de produção entre as concorrentes, adotou-se um índice de produtividade por quilômetro (km) de uma rua com 6,5 metros de largura os quais serão apresentados em forma de tabelas e gráficos, correlacionando os dados obtidos para se chegar ao melhor custo benefício dentre as cinco máquinas pesquisadas.

Figura 5 – Diagrama das etapas da pesquisa.



Fonte: Autores (2022).


4 Resultados e Discussões

Esta seção apresenta os resultados dos levantamentos e os estudos realizados para se conhecer os custos de implantação e a produtividade relacionados à produção de paver em escala industrial, bem como as discussões sobre as informações apresentadas para desenvolvimento do tema.

4.1 Layout da fábrica

A fábrica deve apresentar uma linha de produção semi-automática, que possui processos automatizados e manuais, sendo mais atrativa para a indústria por possibilitar um maior índice de produção. Com base nessa abordagem, foi possível escolher os equipamentos da fábrica, apresentados na Tabela 1.

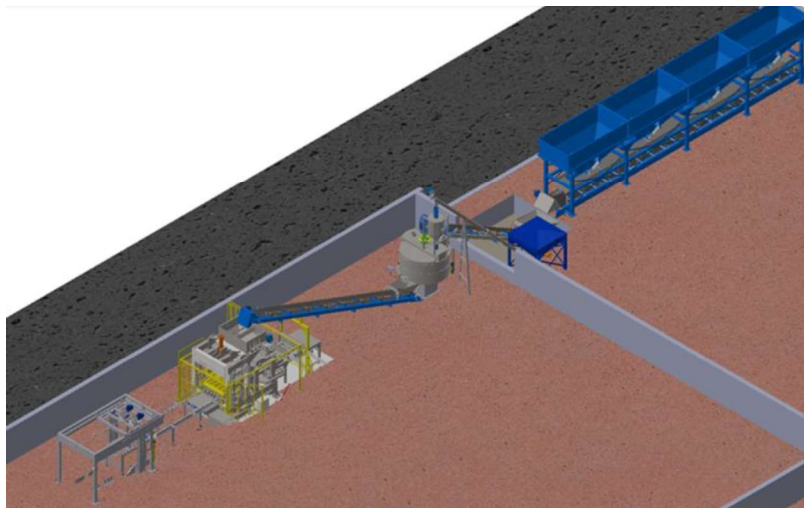
Tabela 1 – Máquinas e equipamentos.

Maquinários e equipamentos	Imagem	Quantid.	Característica
Central dosadora		1 máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema modular (até 6 tipos de agregados); • Volumes de 5m³, 6m³, 8 m³, 15m³ e 20m³; • Integração com silo de cimento e rasga saco; • Opção de integração com softwares.
Silo cimento Big Bag		1 máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Silo de 4,5 m³; • Capacidade de de armazenamento de 6 toneladas; • Balança de cimento com capacidade de 200kgs; • Rosca transportadora de 4m de comprimento.
Misturador de concreto		1 máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de umidade; • Dosador de aditivo; • Dosador de água; • Abertura pneumática.
esteira transportadora		1 máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Necessária para transportar a massa do misturador para a máquina .
Vibro-prensa automática		1 máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Força de prensagem: 6 ton • Pressão de trabalho: 180 BAR • Potência instalada: 47,5 CV • Dimensões dos paletes em madeira: 850 x 500 x 25 (mm) • Dimensões dos pallets em aço: 850 x 500 x 6,35 (mm) • Capacidade do silo: 700 litros
Empilhador de pallets		1 máquina	*

Fonte: Autores (2022).

Com a definição das máquinas e o modelo de operação, será realizada sua disposição das máquinas, que serão alocadas dentro de um galpão de 15 x 30 m conforme a figura 6.

Figura 6 – Esquema de linha de produção.



Fonte: Agostini Industrial (2022).

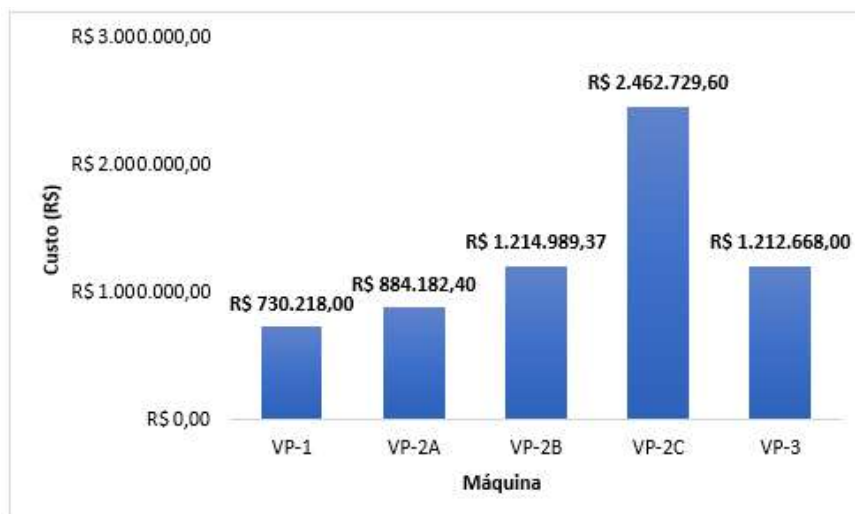
O processo produtivo da fábrica terá início na central dosadora, onde o agregado será lançado por meio de carregadeira e pesado de forma automática, sendo transportado por uma esteira até o silo de cimento (big bag) onde ocorrerá a dosagem, que será realizada manualmente. Após a dosagem, inicia-se o processo automático com o misturador de concreto, o qual é responsável pela mistura do traço especificado, em seguida, o concreto segue pela esteira transportadora até a vibro-prensa, que será responsável pela modelagem das peças do pavimento, seguindo para a empilhadeira de paletes, onde finaliza-se o processo automatizado. Por fim, os blocos serão transportados até o local onde passarão pelo processo de cura do concreto.

Os produtos que podem ser fabricados pela linha de produção proposta são os blocos de concreto estrutural com 9 e 14 cm de largura, os pavers de 10x20 cm, de 16 faces e o sextavado, todos com 6 cm de espessura mínima conforme a NBR 9781 (ABNT, 2013), e meio fio de 15x30x65 cm. Dentre estes, o produto utilizado como base para a análise da produção foi o paver de 10x20 cm, pois nem todos estavam devidamente orçados para cada empresa, além de ser o tipo mais comum produzido na região.

4.2 Estudo de custo de implantação

Para o estudo do custo de implantação da fábrica de paver, inicialmente foi realizada a cotação dos preços com três empresas que fornecem os equipamentos, aqui denominadas como: Empresa 1, Empresa 2 e Empresa 3. Na empresa 1 e 3, foram cotadas apenas uma máquina vibro-prensa (VP) em cada uma, já na empresa 2, foram três máquinas, as quais são identificadas como A, B e C. Adotou-se critérios comparativos para avaliação das máquinas, tais como: equipamentos básicos, custos extras, equipamentos indiretos e infra estrutura da fábrica (ver Gráfico 1).

Gráfico 1 – Custo de implantação por máquina.



Fonte: Autores (2022).

O gráfico apresenta os custos totais cotados para cada máquina, observa-se que a VP-2C é a que tem o custo de implantação mais elevado, sendo a VP-1 a mais econômica nesse quesito. Ressalta-se que no detalhamento desses valores, o custo com os equipamentos representam de 73% a 86% do montante total (ver Tabela 2). As máquinas VP-2B, VP-2C E VP-3 necessitam de componentes complementares como: conjunto de silos, painel de automação, sistema de paletização, tombador de tábuas, esteiras, etc., o que eleva seu custo total de implantação.

Tabela 2 – Detalhamento de custos totais.

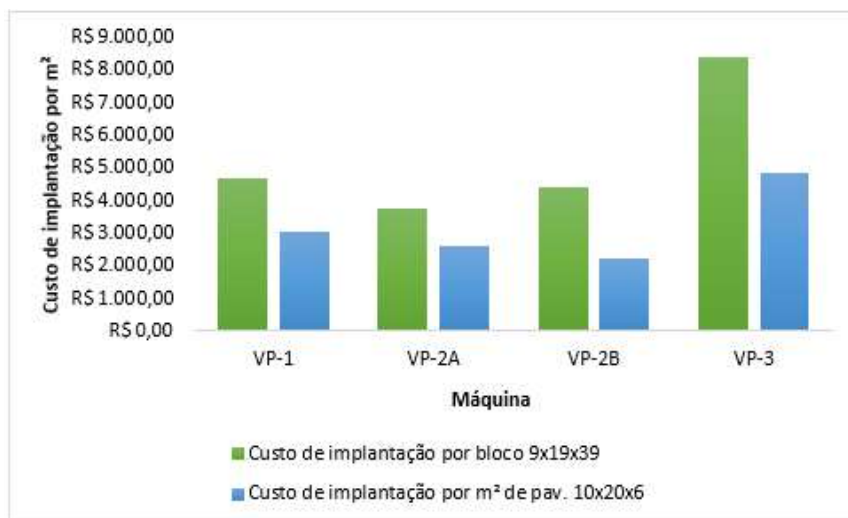
Categoria	Empresa 1	Empresa 2				Empresa 3
	Máquinas					
	VP-1	VP-2A	VP-2B	VP-2C	VP-3	
Equipamentos	R\$ 566.000,00	R\$ 648.208,00	R\$ 1.022.418,45	R\$ 2.130.232,00	R\$ 1.012.000,00	
Custos Extras	R\$ 24.150,00	R\$ 42.410,40	R\$ 56.120,92	R\$ 116.511,60	R\$ 60.600,00	
Equipamentos Indiretos	R\$ 140.068,00	R\$ 193.564,00	R\$ 136.450,00	R\$ 215.986,00	R\$ 140.068,00	
Total	R\$ 730.218,00	R\$ 884.182,40	R\$ 1.214.989,37	R\$ 2.462.729,60	R\$ 1.212.668,00	

Fonte: Autores (2022).

Nas análises seguintes, a VP-2C foi desconsiderada pois apresentou um custo total muito elevado em relação às demais máquinas, além de ter uma demanda por diversos equipamentos extras que prejudicariam sua viabilidade de implantação na realidade local.

Em seguida, calculou-se os índices de instalação por metro quadrado para paver 10x20x6 cm e para blocos de concreto de 9x19x39 cm com base na produtividade informada por cada fabricante (Gráfico 2). Esse índice foi obtido dividindo-se o custo total de cada empresa (Tabela 2) pelo produto do índice de produtividade pela área da peça, obtendo-se assim o seu custo por m².

Gráfico 2 – Custo de implantação por m² de paver por dia.



Fonte: Autores (2022).

O produto que apresentou os menores valores para implantação foi o pavimento intertravado, portanto optou-se por analisar somente ele nos estudos seguintes. Comparando as máquinas, é possível perceber que dentre as quatro a VP-2B é a que tem um menor custo por produção, custando metade do valor da VP-3.

4.3 Estudo de custo de produção

O custo de produção foi analisado utilizando-se o metro quadrado (m²) como unidade de referência. Para se chegar a esse valor, foram estimadas as quantidades de cada insumo necessário para a fabricação do paver: cimento, areia, pó de pedra e pedrisco, conforme a produtividade da máquina e tendo como base o traço 1:5 por ser comumente utilizado para paver. Foram embutidos no valor do custo total, uma estimativa dos gastos com energia elétrica, tábuas e pallets (utilizados para transportar as peças) (ver Tabela 3).

Tabela 3 – Estimativa de custo de produção.

Estimativa de Custo por m ² de produção de PAVER 10x20x8 cm		
VP-2B traço 1:5		
Estimativa de insumos dia	§ unitário	Sub total
23040 pavers / dia	-	-
460,8 m ² / dia	-	-
9630,72 kg de cimento dia	-	-
192,6144 sacos de cimento 50kg / dia	R\$ 30,00	R\$ 12,54
11,93 m ³ de areia	R\$ 60,00	R\$ 1,55
14,71 m ³ de pó de pedra	R\$ 250,00	R\$ 7,98
14,71 m ³ de pedrisco	R\$ 250,00	R\$ 7,98
Custo de energia elétrica por m ²		R\$ 1,05
Custo de tábuas por m ²		R\$ 1,02
Custo de pallets por m ²		R\$ 1,95
Custo por m² de PAVER - Traço 1 - 5		R\$ 34,08
Preço de venda PAVER 20 cm x 10 cm h=8cm SINAPI (2022)		R\$ 71,53
Margem bruta		110%

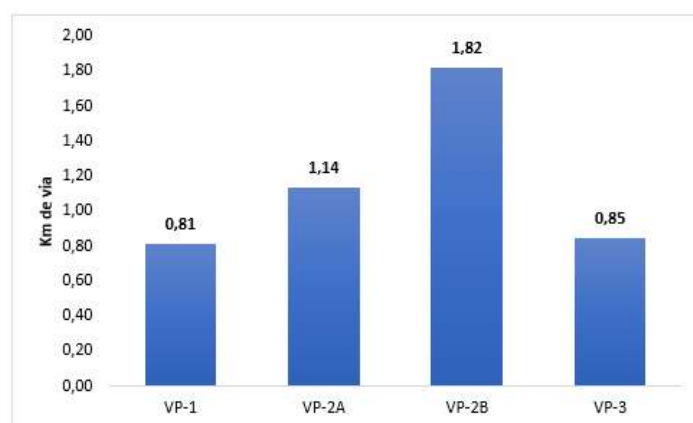
Fonte: Autores (2022).

O paver utilizado para a análise é o de 10x20 porém ao invés da espessura mínima de 6 cm, adotou-se 8 cm pois é o recomendado por norma para o tráfego de veículos, já que desejava-se estudar a aplicação deste pavimento em vias urbanas. A produtividade de cada máquina foi recalculada de acordo com as novas dimensões e estimou-se o investimento necessário para se produzir um m² de paver, comparado ao preço de venda do SINAPI para paver com as mesmas características. A diferença entre os dois valores obtidos é mais que o dobro, apresentando uma margem de lucro bruta de 110% (para essa análise, desconsiderou-se os encargos e mão de obra incidentes sobre o custo final).

4.4 Estudos de custos por produtividade

Após os estudos específicos sobre custos e produtividade, foi possível correlacionar os dados obtidos, fazendo uma estimativa da produtividade mensal para o paver 10x20x8 cm, considerando uma via urbana de 6,5 metros de largura (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Produção máxima de paver por mês por Km de via.



Fonte: Autores (2022).

Ao analisar os resultados, observou-se que o equipamento com melhor custo benefício a ser adquirido para a fábrica é o VP-2B da Empresa 2, por apresentar menor investimento em custos e a maior produtividade em quilômetros de via por mês, chegando a 1,82 km.

5 Conclusões

O pavimento intertravado de concreto é uma alternativa para a pavimentação de vias urbanas que apresenta diversas vantagens em relação ao pavimento asfáltico, como a versatilidade de uso, de dimensões e maior resistência ao desgaste. Ele também apresenta benefícios ambientais pelo reuso dos blocos, permeabilidade entre outros fatores. Dessa forma, percebeu-se que a implantação de uma fábrica de paver seria de grande relevância para a região, utilizando uma vibro-prensa hidráulica no processo produtivo como forma de padronização do produto final, além de garantir a qualidade das peças e aumentar a produtividade.

Para a implantação de uma fábrica de pavimentos intertravados de concreto em Santana do Araguaia foram necessários alguns estudos para se conhecer a realidade local e as características do material, bem como os custos com maquinários para se montar a linha de produção. Nesse cenário, o presente estudo realizou uma análise de custos por produtividade para a implantação da fábrica, de acordo com dados fornecidos pelas três empresas fabricantes.

Os resultados obtidos apontam que a escolha mais vantajosa seria a vibro-prensa VP-2B da Empresa 2, pois seu custo final de implantação ficou bem abaixo das demais, enquanto a produtividade foi maior, apresentando um bom custo benefício.

Uma das limitações do estudo é a escassez de informações sobre pavimentação no município, impedindo a fundamentação com dados locais. Além disso, não se conhece todas as fábricas existentes na região, nem como ocorre sua linha de produção, portanto, uma sugestão para trabalhos futuros seria levantar esses dados e fazer um estudo de mercado para a implementação da fábrica de pavers. Outra sugestão seria o estudo dos traços mais vantajosos a serem utilizados na produção das peças de concreto.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo. 36p. 2010. Disponível em: <https://abcp.org.br/manual-de-pavimento-intertravado/> Acesso em: 25 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação - Especificação e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013. 21p.

BARBOSA, E. S. da C. BARBOSA, F. G. R. BASSI, V. B.; CASALECHI, D. L. **Pavimentação com blocos intertravados de concreto: estudo de caso: comparativo de dimensionamento do pavimento na obra CLPA 02 Empreendimentos Imobiliários Ltda**. 2021. 39 p.

CARVALHO, M. D. de. **Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto**. 4.ed. São Paulo, ABCP, 1998. 32p. (ET-27).

CARVALHO, D. B. A. **Considerações sobre a utilização de pavimentos intertravados e betuminosos em áreas urbanas**. 2011. Dissertação (Mestrado) Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2011.

FERNANDES, I. D. **Blocos & Pavers – Produção e Controle de Qualidade**. 2 ed. Jaraguá do Sul – Santa Catarina: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda. 182 p. 2011.

FILGUEIRAS, Gabriela Chaves. **Comparação entre os projetos de pavimento asfáltico e pavimento intertravado para fins de execução do sistema viário de um condomínio horizontal em Senador Canedo**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Engenharia Civil - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Goiânia - GO. 98 p. 2019.

FIORITI, C. F. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007. 218 f. Tese de Doutorado (Curso de Ciências da Engenharia Ambiental – Escola de Engenharia de São Carlos) – Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, SP, 2007.

SCHVAICKARDT, C. M.; MATTOS, J. R. G. **Proposta de traço para blocos de concreto de pavimento intertravado**. Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. *In: TECNO-LÓGICA*, v. 22, n.2, p. 157-166, jul./dez. Santa Cruz do Sul, 2018.

SOUZA, A. M. L. de. **Pavimentação com blocos intertravados de concreto: análise crítica da técnica de execução.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.