

Study of the technical feasibility of using permeable concrete blocks as an alternative to reduce surface runoff.

Gomes, I. M.¹; Queiroz, J.J.D.F.²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

NISHI, E.³

Professor Me, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ isrmgomes@gmail.com; ² joaojose.queiroz@gmail.com; ³ nishiedson@gmail.com;

RESUMO: O estudo trata da utilização de pavimentos permeáveis como alternativa aos pavimentos impermeáveis convencionais, sua importância na redução do escoamento superficial e reaproveitamento das águas pluviais. O presente trabalho revisou, na literatura de engenharia, a viabilidade técnica, custos de aplicação e manutenção, aspectos de resistência mecânica, capacidade de infiltração, na substituição dos pavimentos convencionais por pavimentos permeáveis. Os resultados obtidos foram satisfatórios quanto à redução do escoamento superficial, a utilização das águas pluviais provou ser economicamente atrativa, o desempenho de resistência mecânica à compressão do pavimento permeável é inferior ao convencional, porém, foram superiores aos limites mínimos exigidos por normas da ABNT.

Palavras-chaves: Pavimentos permeáveis, reaproveitamento de águas pluviais, escoamento superficial

ABSTRACT: The study is about the use of permeable pavements as an alternative to conventional waterproof pavements, its importance in the reduction of surface runoff and reuse of rainwater. The present work reviewed, in the engineering literature, the technical feasibility, application and maintenance costs, aspects of mechanical resistance, infiltration capacity, in the replacement of conventional pavements by permeable pavements. The results obtained were satisfactory regarding the reduction of surface runoff, the use of rainwater proved to be economically attractive, the performance of mechanical resistance to compression of the permeable pavement is lower than the conventional one, but they were higher than the minimum limits required by ABNT standards.

Keywords: Permeable pavements, reuse of rainwater, surface runoff

Áreas de Concentração: 01 – Construção Civil, 02 – Engenharia Hidráulica, 03 – Saneamento e Meio Ambiente, 04 – Tecnologias Ambientais.

1 INTRODUÇÃO

Fala-se em pavimentação desde 2500 a.C, quando, no Egito, foram utilizados lajões justapostos em base, com expressiva capacidade de suporte, para a construção de pirâmides (BERNUCCI et al., 2008). Acredita-se que, na Babilônia, entre 625 e 604 a.C, foi executada a primeira estrada pavimentada com asfalto.

Observa-se que a preocupação com a pavimentação existe desde muito tempo, e que a urbanização fez este processo sofrer constantes evoluções, a fim de trazer qualidade de vida para a população. Entretanto, segundo Moura (2005), nos últimos dois séculos, o processo de urbanização e o surgimento dos grandes centros geraram mudanças no uso e ocupação do solo. Tais fenômenos levaram um solo que era coberto por vegetação para um solo impermeabilizado por concreto, asfalto, construções de casa e edifícios.

Com estas mudanças, aumentou-se o escoamento superficial, o que afetou diretamente o sistema de drenagem, uma vez que o volume que escoava na superfície do solo e ficava retido nas plantas, passou a escoar no canal, exigindo maior capacidade das seções e maior número de captações de drenagem (ANDRADE LUIZ et al., 2020).

Desta forma, surgiu a necessidade do estudo sobre alternativas para diminuição do escoamento superficial. Moura (2005) fala do pavimento permeável, que tem como característica o controle do escoamento superficial na fonte, através da infiltração e percolação.

Segundo a NBR 16416 (2015), o pavimento permeável é aquele que permite a percolação de água, diminuindo o escoamento superficial, atendendo às solicitações de esforços mecânicos e condições de rolamento.

Os pavimentos permeáveis de concreto podem ser executados segundo três tipologias: pavimento intertravado permeável, placas de concreto permeável e o pavimento de concreto permeável moldado in loco. Silva (2016) retrata que, em países da Europa e no Estados Unidos, os pavimentos permeáveis vêm sendo utilizados há mais de trinta anos, como forma de diminuição de problemas provenientes das impermeabilizações urbanas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 16416, 2015).

De acordo com Tucci (2000 apud SILVA, 2016), em um lote com impermeabilização de aproximadamente 7%,

o escoamento superficial aumenta cerca de 2,15 vezes, em relação ao volume de escoamento em condições rurais.

Observa-se que o pavimento permeável vem, então, como meio de possibilitar a redução do escoamento superficial, direcionando a infiltração da água para o solo ou para as redes de drenagem pluvial, servindo como meio de mitigar a ineficiência do sistema de drenagem existente, gerada pela impermeabilização do solo.

O adensamento populacional, nas regiões centrais de Goiânia e às margens de córregos, compactou e impermeabilizou o solo, isto fez com que em períodos chuvosos o volume do escoamento superficial aumentasse drasticamente, ocorrendo enchentes e erosões.

Visando a minimizar os impactos socioambientais gerados por esse processo, o presente trabalho buscou encontrar medidas satisfatórias para o aumento da infiltração da água no solo e a redução do escoamento superficial. Uma alternativa foi a implantação de pavimentos permeáveis de concreto em grandes áreas, como estacionamentos e pátios de empresas, facilitando, então, a infiltração da água no solo.

Objetivou-se estudar a viabilidade dos pavimentos permeáveis existentes, apresentar suas aplicações e limitações. Estudou-se a Hidrologia como forma de embasamento teórico, apontou-se os pontos positivos devidos à aplicação do pavimento permeável e realizou-se uma análise da eficiência do pavimento permeável, para a diminuição do escoamento superficial, através de revisão bibliográfica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

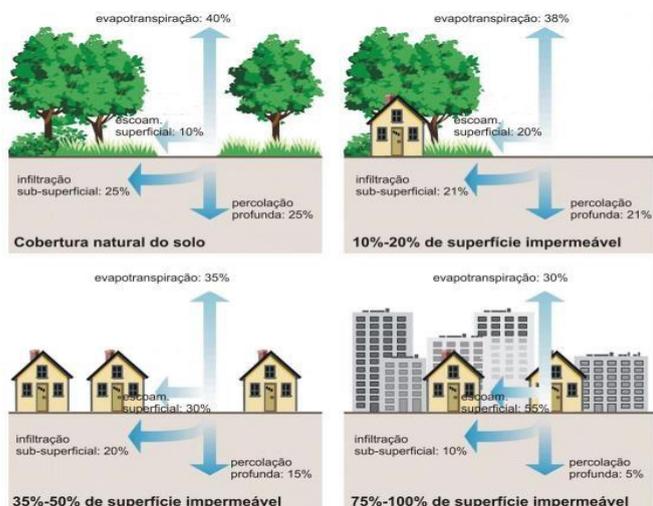
2.1 Processo de urbanização

Goiânia teve seu primeiro Código de Edificações aprovado em 1947, este permitia à iniciativa privada, a construção de novos loteamentos e, por ser pouco restritivo, o estado perdeu a autonomia sobre o uso e a ocupação do solo. Nos anos seguintes, Goiânia sofreu um intenso processo de urbanização e expansão demográfica e, com o crescimento desenfreado, vários problemas socioambientais surgiram, tais como a ocupação de áreas impróprias, a devastação da cobertura vegetal, principalmente em áreas de preservação permanente, a impermeabilização do solo, a formação de processos erosivos.

Apenas 30 anos depois, fez-se necessária a regulamentação da realidade, com a criação da Lei de Zoneamento, que visava a implantar medidas de proteção ao meio ambiente, buscava preservar as áreas de drenagem natural, como matas de galerias e fundos de vales.

Esta Lei também visava a preservar 50 m de largura nas laterais, ao longo das drenagens, porém muitas dessas áreas já haviam sido ocupadas por loteamentos, em anos anteriores (NASCIMENTO E OLIVEIRA, 2015). A seguir, na figura 1, é ilustrado o efeito da urbanização, no ciclo hidrológico.

Figura 1 – Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico.



Fonte: Paz (2004).

Nota-se que, com a evolução da urbanização, o escoamento superficial aumentou gradativamente, onde, em um solo de cobertura natural, o escoamento superficial se apresentou 10% do volume precipitado e, em contrapartida, em um solo com 75% a 100% de superfície impermeável, este escoamento superficial subiu para valores próximos a 55% do volume precipitado (PAZ, 2004).

2.2 Pavimento permeável

A principal função do pavimento permeável é a infiltração das águas pluviais, fazendo com que retarde a chegada do volume precipitado, aos sistemas de macrodrenagem, reduzindo o pico de vazão. Em locais onde utilizam pavimentos convencionais, ocorre um elevado índice de escoamento superficial. Outra característica dos pavimentos permeáveis é a capacidade de filtrar o volume precipitado, reduzindo a contaminação do solo.

A infiltração dos pavimentos permeáveis é classificada em 3 categorias, a depender do tipo de solo e/ou nível do lençol freático, podendo permitir infiltração total, infiltração parcial ou não permitir infiltração. Este último caso ocorre quando a água captada é direcionada para as redes de drenagem. A seguir, são dadas as características de cada classe do sistema infiltrante (AZEVEDO, SUZUKI e KABBACH, 2013).

- Sistema de infiltração total: O solo absorve toda água retida pelo pavimento;
- Sistema de infiltração parcial: Parte da água infiltra no solo, o excedente da água é conduzido por um tubo de drenagem para as galerias;
- Sistema sem infiltração: Neste caso, não há infiltração da água no solo. Ocorre quando existe uma elevada compactação do solo e a impermeabilização do mesmo, quando o nível do lençol freático está muito próximo do pavimento, ou quando possui elevada concentração de poluentes. Então, direcionam-se as águas, através de tubulações, para o sistema de drenagem urbana.

2.3 Custo da execução

Sabe-se que o custo de execução dos pavimentos permeáveis pode sofrer variações, de acordo com o pavimento escolhido. Segundo Santos et al. (2019), após análise de insumos e mão de obra pelo SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices), constatou-se que o pavimento de asfalto poroso, em 2019, apresentava custo superior ao pavimento convencional, em 23,5%.

Este custo pode sofrer oscilações, de acordo com o projeto do pavimento permeável, e, dentre os itens variáveis, pode-se citar: variação da seção do pavimento, a utilização ou não de geotêxtil, a utilização ou não de tubulação de drenagem e a mão de obra que seria necessária, para a execução do geotêxtil e da tubulação de drenagem.

Nos custos, é importante entender que parâmetros como custos ambientais, causados pelo aumento do escoamento superficial, não foram considerados. Este aumento está diretamente ligado ao risco de inundação,

que apontariam para custos secundários, fazendo com que o custo do pavimento convencional aumentasse.

2.4 Manutenção e desempenho de pavimentos permeáveis.

A manutenção do pavimento permeável deve ocorrer sempre que existirem condições que comprometam o desempenho mecânico ou hidráulico do pavimento. Ao se realizar reparos no pavimento, deve-se utilizar o mesmo material existente e, em nenhuma hipótese, utilizar revestimentos impermeáveis ou outros materiais que prejudiquem o desempenho do pavimento (ABNT NBR 16416, 2015).

Quanto à permeabilidade, o desempenho do pavimento permeável deve ser verificado periodicamente, conforme indicação de projeto. Esta verificação ocorre através da determinação do coeficiente de permeabilidade e, caso o coeficiente se encontre menor ou igual a 10^{-5} m/s, algumas medidas de limpeza devem ser tomadas (ABNT NBR 16416, 2015).

Dentre estas medidas pode-se citar a remoção de detritos em geral da superfície do pavimento por meio de varrição mecânica ou manual, aplicação de jato de água sob pressão, aplicação de equipamento de sucção para retirada de finos e recomposição do material de rejuntamento quando necessário.

Após estas medidas um novo coeficiente de permeabilidade deve ser medido e as áreas que foram limpas devem apresentar no mínimo 80% do coeficiente de permeabilidade especificado de 10^{-5} m/s (ABNT NBR 16416, 2015).

Para o cálculo do coeficiente de permeabilidade utiliza-se a seguinte equação:

$$k = \frac{C * m}{(d^2 * t)} \quad (1)$$

Onde **k** é o coeficiente de permeabilidade expresso em milímetros por hora (mm/h), **m** é a massa de água infiltrada expressa em quilogramas (kg), **d** é o diâmetro interno do cilindro de infiltração expresso em (mm), **t** é tempo necessário para toda a água percolar expresso em segundos (s) e **C** é o fator de conversão de unidades do sistema SI, com valor igual a 4.583.666.000.

2.5 Parâmetros hidrológicos

Ao se estudar a hidrologia existem alguns parâmetros importantes para serem definidos, estes parâmetros são utilizados em dimensionamentos de obras hídricas. Dentre estes parâmetros serão descritos o período de retorno (TR), tempo de concentração (TC) e a relação intensidade, duração e frequência (IDF).

2.5.1 Período de retorno (TR)

Tempo de retorno ou período de retorno refere-se ao espaço de tempo em anos onde espera-se que ocorrerá um fenômeno de grande magnitude pelo menos uma vez. Se tratando de dispositivos de drenagem este tempo está relacionado com as enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento de modo que a estrutura escolhida resista a estas enchentes sem risco de superação (DNIT, 2005). Segue figura 2 com tempo de retorno definido em anos para diferentes tipos de ocupação da área.

Figura 2 – Tempo de retorno segundo tipo de obra e ocupação da área

Tipo de Obras	Tipo de ocupação da área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço ao público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macrodrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB (1980)

2.5.2 Tempo de concentração (TC)

Segundo o manual de hidrologia básica, para estruturas de drenagem, o tempo de concentração é definido pelo tempo de percurso que a água leva desde o ponto mais distante da bacia, até a seção de interesse, a partir do instante em que se dá início da precipitação (DNIT, 2005).

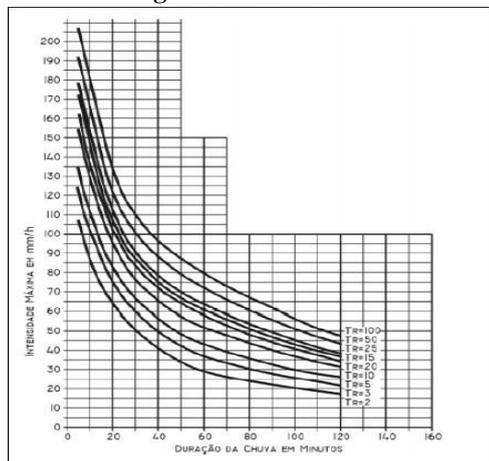
Dentro os métodos existentes para a determinação do tempo de concentração, podem-se citar: Métodos gráficos, equação de Kirpich e a equação de Ventura.

2.5.3 Relação intensidade duração e frequência (IDF)

O índice IDF relaciona Intensidade máxima de chuva em (mm/h) com a sua duração no tempo (minutos) e sua probabilidade de retorno em anos ou porcentagem.

Para determinação desta relação, é necessária uma longa série de registros pluviográficos. A relação pode ser obtida por meio gráfico denominado de curva IDF e por meio de equações matemáticas. Segue a figura 3 exemplificando a curva IDF.

Figura 3 – Curva IDF



Fonte: Tucci (1993)

Como citado anteriormente, além de métodos gráficos para análise da relação IDF, também é possível obter valores de tempo de retorno, duração e frequência através da equação geral 2.

$$I = \frac{a \cdot TR^b}{(t+c)^d} \quad (2)$$

Onde TR é o tempo de retorno em anos; t é a duração em minutos; I é a intensidade de precipitação em mm/h; a, b, c e d são parâmetros adimensionais ajustados conforme o local estudado.

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo desenvolvido por meio de levantamento bibliográfico, utilizando a revisão sistemática, onde contemplam-se as seguintes etapas: Identificação do tema, critérios de inclusão e exclusão de artigos, consulta na literatura, coleta de informações, análise crítica dos artigos e discussão.

No estudo, foram utilizadas as bases de dados do Google acadêmico, SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e manuais técnicos da ABCP. Para a busca na literatura, foram utilizados os seguintes descritores: “Pavimento permeável”, “Pavimento permeável de concreto”, “Pavimento permeável intertravado”. O acesso ocorreu entre agosto de 2021 e dezembro de 2021.

Para inclusão de artigos científicos, foram usados os seguintes critérios: artigos publicados em periódicos nacionais, originais e no idioma português, entre 2000 e 2021. Foram excluídas monografias, artigos, debates, resenhas e manuais disponíveis em plataformas *online*, com texto incompleto. Após a seleção dos artigos, foi realizado o processo de leitura e análise, buscando informações necessárias para a embasamento teórico do trabalho em questão. O anexo II representa a síntese dos resultados encontrados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de pesquisa nas bases de dados foram encontrados 1.350 artigos no Google acadêmico e 0 artigos na SciELO. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade e leitura dos títulos, permaneceram 6 artigos (FILHO e PEREIRA, 2019), (KLEIN, 2021), (VAZ, 2019), (BOTTEON, 2017), (SILVA e SOUZA, 2017), (MÜLLER, 2017).

Dos 6 artigos selecionados, apenas 3 (50%) (FILHO e PEREIRA, 2019), (VAZ, 2019) e (MÜLLER, 2017) relataram resultados positivos, no que diz respeito à eficiência do pavimento permeável, 2 artigos (33,3%) obtiveram resultados não satisfatórios (BOTTEON, 2017), (SILVA e SOUZA, 2017), e 1 artigo (16,7%) não deu ênfase para a eficiência do pavimento permeável.

De acordo com Filho e Pereira (2019), o pavimento poroso obteve valores satisfatórios no ensaio de permeabilidade e de resistência à compressão, porém, apresentou custo por metro quadrado superior ao pavimento convencional, cerca de 37,44% a mais.

Müller (2017) também realizou uma análise sobre o custo do pavimento de concreto permeável, onde obteve um custo de 20% maior que o pavimento convencional. Observou-se, também, que, com a utilização da técnica em questão, apenas 5% das chuvas escoavam superficialmente, todo o restante foi absorvido. Segundo Vaz (2019), o pavimento drenante gerou economias na conta de água de 18,48% a 82,81% de acordo com a edificação e a localização dos ambientes estudados. Concluiu-se que o sistema tem potencial por obter resultados satisfatórios, em relação à economia e por poder captar água pluvial de grandes estacionamentos, auxiliando na diminuição de custo das edificações e no alívio dos sistemas de drenagem urbana.

Botteon (2017) e Silva e Souza (2017) não obtiveram resultados aceitáveis para os padrões por eles determinados. Nos dois casos, os concretos estudados não apresentaram eficiência, no que diz respeito à sua resistência à compressão mínima estipulada.

Entre os 6 artigos selecionados, apenas 1 (16,7%) (KLEIN, 2021) enfatizou as limitações existentes para o uso do pavimento permeável.

De acordo com Klein (2021), o pavimento drenante se mostrou um investimento viável, uma vez que pode gerar uma economia de 79,34% a 98,39%. Entretanto, no estudo em questão, não foram considerados os custos futuros com a descolmatação das camadas do pavimento drenante. Neste sistema, a manutenção é um dos pontos mais complexos de se abordar.

Fontoura et.al (2021) realizaram um estudo sobre a eficiência da manutenção de pavimentos permeáveis, pelo método de aspersão de água em alta pressão. Observou-se que, para pavimentos com 12 meses de construção, a manutenção por meio de aspersão de água em alta pressão recuperou de 30% a 100% da eficiência original. Segue a figura 5 que apresenta a perda de eficiência dos pavimentos, conforme o tempo de construção.

Figura 5 – Recuperação dos pavimentos após manutenção

Revestimento		Coeficiente de Infiltração (cm/s)			Perda de eficiência (%)	Pós lavagem	Recuperação (%)
		Novo	6 meses	12 meses			
Intertravado Poroso	Pav 1	0.024	0.020	0.014	41.7	0.024	100.0
	Pav 2	0.030	0.014	0.008	73.3	0.025	83.3
Intertravado comum	Pav 3	0.013	0.009	0.003	76.9	0.004	30.8
	Pav 4	0.012	0.008	0.003	75.0	0.006	50.0
Concreto permeável	Pav 5	0.184	0.090	0.040	78.3	0.070	38.0
	Pav 6	0.202	0.124	0.152	24.8	0.155	76.7

Fonte: Fontoura et al. (2021)

Recomenda-se que o pavimento poroso seja limpo com equipamento à vácuo, ou lavado com máquina de alta pressão, no mínimo 4 vezes por ano, para remover as partículas evitando a colmatação (EPA, 1999).

Winston et al. (2015) realizaram um estudo sobre diferentes tipos de manutenções, em 9 tipos de pavimentos, com idades de construção variando entre 6 meses e 28 anos, em diferentes climas, nos EUA e na Suécia.

Foi constatado que, para todos os casos avaliados, os procedimentos de manutenção produziram um aumento

na capacidade de infiltração do solo. Observou-se que a combinação das técnicas de limpeza, por aspiração à vácuo e lavagem sob pressão, apresentou uma recuperação significativa das taxas de infiltração do pavimento.

Entre os 6 artigos selecionados, apenas 2 (33,3%) (BOTTEON, 2017) e (SILVA E SOUZA, 2021) relataram aplicações para o pavimento permeável.

Botteon (2017) propôs o desenvolvimento de concreto permeável intertravado para estacionamentos e obteve valores positivos para vazios comunicantes, absorção e resistência a flexão por compressão diagonal, porém, no estudo desenvolvido, nenhuma mistura obteve a resistência mínima de 35 MPa.

Silva e Souza (2017) propuseram uma análise das propriedades do concreto permeável produzido com diferentes agregados. Os autores também não obtiveram valores positivos para resistência à compressão axial e tração na flexão, porém, o traço com seixo rolado, mesmo apresentando impurezas e agregados descontínuos, apresentou o maior coeficiente de percolação.

5 CONCLUSÕES

O pavimento permeável de concreto é um tema atual que está diretamente ligado à necessidade de alternativas para a redução do escoamento superficial. A partir dos estudos analisados, ficou evidente a relevância desta tecnologia, onde se observou que o sistema pode se pagar, ao gerar uma economia mensal de até 82,81% (VAZ, 2019).

Observou-se a propriedade sustentável do pavimento permeável de concreto e, ao analisar o estudo desenvolvido por Klein (2021), notou-se que, na praça proposta, foi possível utilizar água pluvial, diminuindo o custo com água em até 98,39% (KLEIN, 2021).

Entretanto, para que o sistema funcione, o pavimento permeável necessita de manutenção. Observou-se que, em um período de 12 meses, o pavimento pode perder até 78,3% de eficiência (FONTOURA, 2021).

Para um pavimento onde a maior vantagem é a diminuição do escoamento superficial, uma perda de 78,3% o torna totalmente inviável. Desta forma, fica clara a importância da manutenção, neste sistema.

Também foi possível observar que, com a manutenção do pavimento, através da aspersão de água em alta pressão, foi possível recuperar de 30,8% a 100% do pavimento permeável.

Os resultados encontrados traduzem a importância de um cuidado com o sistema estudado, onde pode-se ter um investimento totalmente viável, com economias de aproximadamente 100% em gastos com água, a um sistema totalmente inviável, que não traz benefício para o seu custo.

Conclui-se que, apesar dos percalços, o pavimento permeável de concreto ainda alivia o escoamento superficial, que tem sido um dos maiores problemas urbanos. Contudo, a sua viabilidade está diretamente condicionada aos procedimentos de limpeza e manutenção do pavimento, conforme descritos na NBR 16416 (2015). Recomenda-se por questões de resistência mecânica, o uso do pavimento permeável em ambientes de tráfego leve e controlado, como estacionamentos de shoppings e supermercados.

6 AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer ao nosso Professor e Orientador Edson Nishi, por seus ensinamentos, em termos de conteúdo, que foram além do que foi apresentado neste trabalho. Agradecemos a sua dedicação e paciência.

Agradecemos ao Professor Paulo José Mascarenhas Roriz, com sugestões que realmente fizeram o maior sentido para a melhoria na realização do TCC 2.

Agradecemos, também, ao Professor Epaminondas, pela disponibilização de artigos e ideias sobre o assunto abordado, que foi de grande importância.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE LUIZ, G. et al. Estudo Da Viabilidade Técnica Do Uso Do Asfalto Permeável Como Alternativa De Prevenção De Enchentes Urbanas Na Cidade De Três Rios. Faculdade Vértix Trirriense. Três Rios. 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16416 - Pavimentos Permeáveis De Concreto Requisitos E Procedimentos. ABNT. [S.l.]. 2015.

AZEVEDO, A.M.; SUZUKI, C.Y.; KABBACH, F. I. J. Drenagem Subsuperficial De Pavimentos. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

BERNUCCI, L. B. et al. Pavimentação Asfáltica - Formação Básica Para Engenheiros. ABEDA. Rio de Janeiro. 2008.

BOTTEON, L. M. Desenvolvimento e Caracterização de Concreto Permeável. Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2017.

DAEE/CETESB. Drenagem Urbana. 2ª. ed. São Paulo: [s.n.], 1980.

DNIT. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. Rio de Janeiro. 2005.

EPA. Storm Water Technology Fact Sheet Porous Pavement. Washington Department of Ecology. Washington. 1999.

FILHO, C. A.; PEREIRA, T. A. D. Desempenho e Eficiência dos Blocos de Concreto Porosos em Comparação com o Bloco Convencional, no Controle do Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos. Faculdade Evangélica de Goianésia. Goianésia. 2019.

FONTOURA, J. R. Eficiência da Manutenção de Pavimentos Permeáveis pelo Método de Aspersão de Alta Pressão de Água - Resultados Preliminares. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2021.

KLEIN, C. W. Análise Econômica e Potencial do uso de Água Pluvial Captada por meio de Pavimento Drenante em Proposta de Praça Sustentável no Loteamento Novo Campeche. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2021.

MOURA, T. A. M. Estudo Experimental De Superfícies Permeáveis Para O Controle Do Escoamento Superficial Em Ambientes Urbanos. Universidade de Brasília. Brasília. 2005.

MÜLLER, M. Z. Técnica Compensatória de Drenagem Urbana: Um estudo Sobre Pavimento de Concreto Permeável. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça. 2017.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Mapeamento Do Processo Histórico De Expansão

Urbana Do Município De Goiânia-Go.Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2015.

PAZ, A. R. D. Hidrologia Aplicada. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Caxias do Sul. 2004.

SANTOS, E. M. A. et al. Análise de Viabilidade Econômica de Implantação de Pavimento Permeável como Instrumento de Drenagem Urbana nas Vias mais Alagadas do Município de Nova Xavantina-MT. Revista Interação Interdisciplinar, Nova Xavantina, v. 3, n. 2, p. 62-77, Jul-Dez 2019.

SILVA, A. M. D S. E. Determinação Da Eficiência De Drenagem Para Um Pavimento Intertravado De Concreto Permeável Sob Diferentes Intensidades De Precipitação. Alegrete. 2016.

SILVA, J. S.; SOUZA, R. R. D. Análise Qualitativa das Propriedades de Compressão, Tração na Flexão, Vazão e Percolação do Concreto Permeável Produzido com Diverentes Agregados. Faculdades Doctum de Caratinga.Caratinga. 2017.

SINAPI. Caixa Econômica Federal, 2019. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mt/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MT_2019_01a04_Retificacao.zip>. Acesso em: 17 abr.2022.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia - Ciência e Aplicação. 1ª. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A.; ARAÚJO, P. R. D. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução do Escoamento Superficial. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. V, n. 3, p. 21/29, Jul/Set 2000.

VAZ, I. C. M. Estudo da Utilização de Pavimentos Drenantes com fins de Captação de Água Pluvial Para Economia de Água Potável em Universidades Públicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2019.

WINSTON, R. J. et al. Maintenance Measures for Preservation and Recovery of Permeable Pavement Surface Infiltration rate – The Effects Of Street Sweeping, Vacuum Cleaning, High Pressure Washing, and Milling. North Carolina State University. Raleigh. 2015.

ANEXOS

ANEXO I - Categorização dos artigos conforme bases de dados selecionadas. Goiânia – GO, 2022.

Título do artigo/ Autor/ Ano	Objetivo da publicação	Metodologia Utilizada	Resultados Obtidos
Desempenho e eficiência dos blocos de concreto porosos em comparação com o bloco convencional, no controle do escoamento superficial em ambientes urbanos (FILHO e PEREIRA, 2019).	Comparar o bloco de concreto poroso com o convencional para a utilização em calçadas e áreas permeáveis no controle dos escoamentos superficiais nos centros urbanos.	método qualitativo, por meio do levantamento de informações técnicas e ensaios em laboratoriais como os ensaios de permeabilidade e resistência a compressão dos blocos de concreto porosos e de concreto convencional.	O pavimento poroso obteve resultados satisfatórios no ensaio de permeabilidade e resistência à compressão, porém possui custo por metro quadrado superior ao pavimento convencional.
Análise econômica e potencial do uso de água pluvial captada por meio de pavimento drenante em proposta de praça sustentável no loteamento novo Campeche (KLEIN, 2021).	Projetar e estudar o uso de pavimentos drenantes para praças sustentáveis com um estudo de caso no distrito Campeche em Florianópolis, Santa Catarina.	Definição de proposta de engenharia social, separada em quatro partes: definição das características arquitetônicas e paisagísticas, obtenção e tratamento da série histórica de registros pluviométricos da cidade de Florianópolis, cálculo da demanda de água total da praça e definição do sistema de aproveitamento da água pluvial.	A análise econômica resultou em um investimento viável, porém, gastos futuros com descolmatação das camadas do pavimento drenante não foram considerados (manutenção), o que pode inviabilizar o sistema proposto.
Estudo da utilização de pavimentos drenantes com fins de captação de água pluvial para economia de água potável em universidades públicas (VAZ, 2019).	Analisar o potencial de economia de água potável por meio da utilização de pavimentos drenantes para fins de captação de água pluvial em universidades públicas.	O estudo iniciou pela escolha de algumas edificações na Universidade Federal de Santa Catarina, que serviram de base para os cenários de simulação. Foram escolhidas seis edificações universitárias com a obtenção de dados de área de estacionamento e consumo hídrico mensal, de modo a poder inserir os dados nos cenários a serem modelados.	Com a concepção desde o projeto, pode-se garantir economia na conta de água durante toda a vida útil da edificação, além de realizar a drenagem sem a necessidade de bocas de lobo ou sarjetas, sujeitas a obstruções e contato da água em escoamento com o usuário. Acredita-se que para universidades públicas o sistema tem muito potencial, por obter bons resultados de economia de água potável e por poder captar água pluvial de grandes estacionamentos, o que auxilia na diminuição de custos das edificações e no alívio dos sistemas de drenagem urbana.
Desenvolvimento e caracterização de concreto permeável para utilização em blocos intertravados para estacionamentos (BOTTEON, 2017).	Apresentar informações e características técnicas sobre o concreto permeável, produzir e caracterizar uma dosagem de concreto permeável com as características mecânicas e hidráulicas mínimas exigidas para uso em blocos	Para os estudos de propriedades mecânica e hidráulica de concretos permeáveis foram preparadas amostras cilíndricas pelo método Marshall.	Foram obtidos valores positivos para vazios comunicantes, absorção e resistência a flexão por compressão diagonal. Nenhuma mistura atendeu a resistência mínima de 35 MPa, e somente a mistura M1 obteve valores aceitáveis para permeabilidade.

intertravados para estacionamentos.

Análise qualitativa das propriedades de compressão, tração na flexão, vazão e percolação do concreto permeável produzido com diferentes agregados (SILVA e SOUZA, 2017).

Realizar teste experimental, buscando mostrar a viabilidade da utilização do concreto permeável e suas resistências mecânicas, compressão e tração na flexão, usando brita 0, seixo rolado e uma mistura de 50% de cada componente, realizar um comparativo entre os três materiais, levantando dados de materiais regionais, de fácil acesso na cidade de Caratinga- MG.

Esta pesquisa buscou analisar as características básicas para o concreto poroso, sendo elas a resistência a compressão axial, tração na flexão, índice de vazios, massa específica seca e saturada do concreto e a vazão por l/s/m². Para desenvolver o concreto foram usados três tipos diferentes de agregados graúdo sendo: brita 0, seixo rolado e misto (50 % de cada agregado), que estão disponíveis em Caratinga- MG, analisando se há viabilidade na aplicação destes ensaios em laboratórios.

O traço inicial obteve valores positivos no que diz respeito a resistência à compressão axial e tração na flexão. Nos demais traços a resistência à compressão mínima não foi atingida. Em relação à vazão o que obteve um maior coeficiente de percolação foi o seixo rolado, mesmo sendo um concreto com impureza e seus agregados descontínuos.

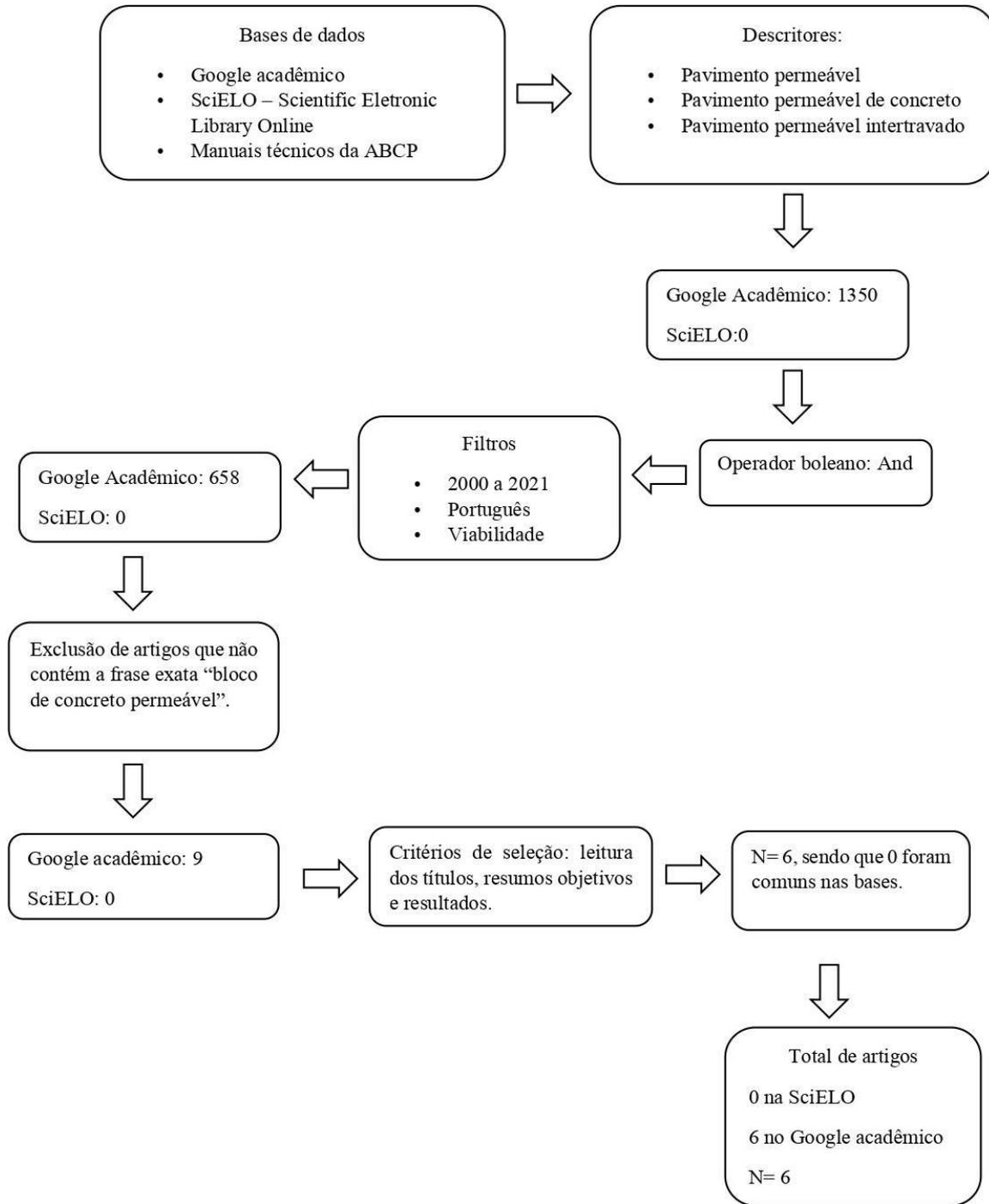
Técnica compensatória de drenagem urbana: um estudo sobre pavimento de concreto permeável (MÜLLER, 2017).

Analisar os impactos do pavimento de concreto permeável em um sistema de drenagem pluvial.

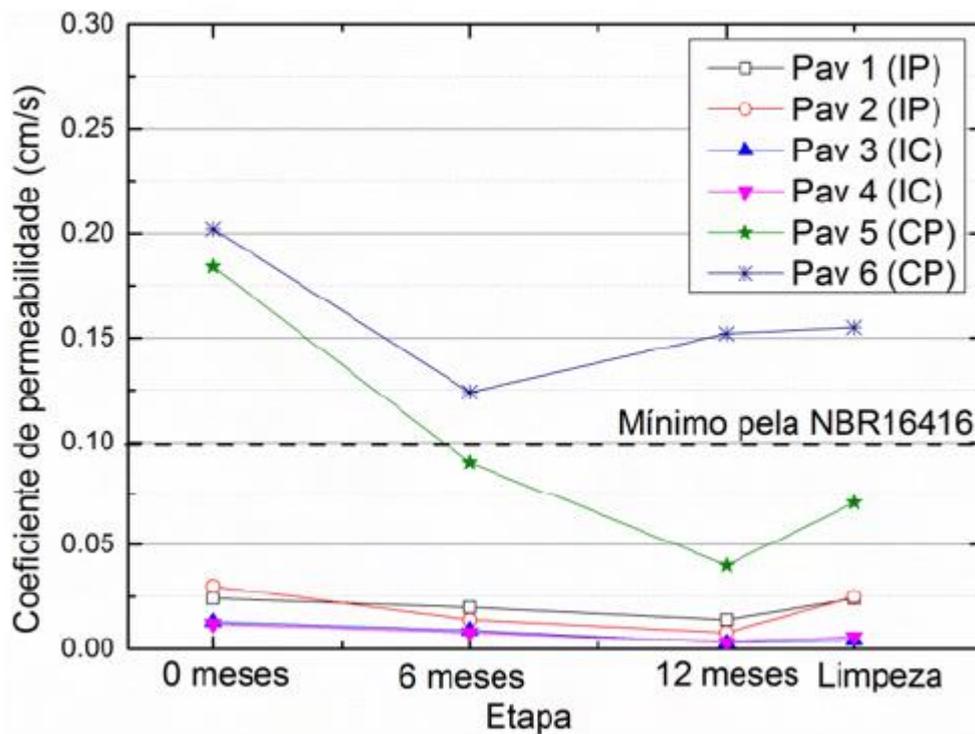
A metodologia baseia-se em pesquisas bibliográficas que envolvem os elementos constituintes de um sistema de drenagem, apresentando também as características dos pavimentos de concreto permeável. Posteriormente, é apresentado um estudo de caso, um comparativo dos custos de execução de uma obra de drenagem utilizando-se os dois sistemas e apresentando as vantagens e desvantagens da utilização do pavimento de concreto permeável.

Encontrou-se um custo para o pavimento permeável 20% acima do convencional. Observou-se que com a utilização desta técnica, apenas 5% das chuvas escoam superficialmente na área pavimentada, o resto é absorvido. A verificação da utilização do concreto permeável em um sistema de drenagem pluvial foi concluída com sucesso, obteve-se uma redução na quantidade de materiais e serviços para o caso estudado.

ANEXO II – Fluxograma.

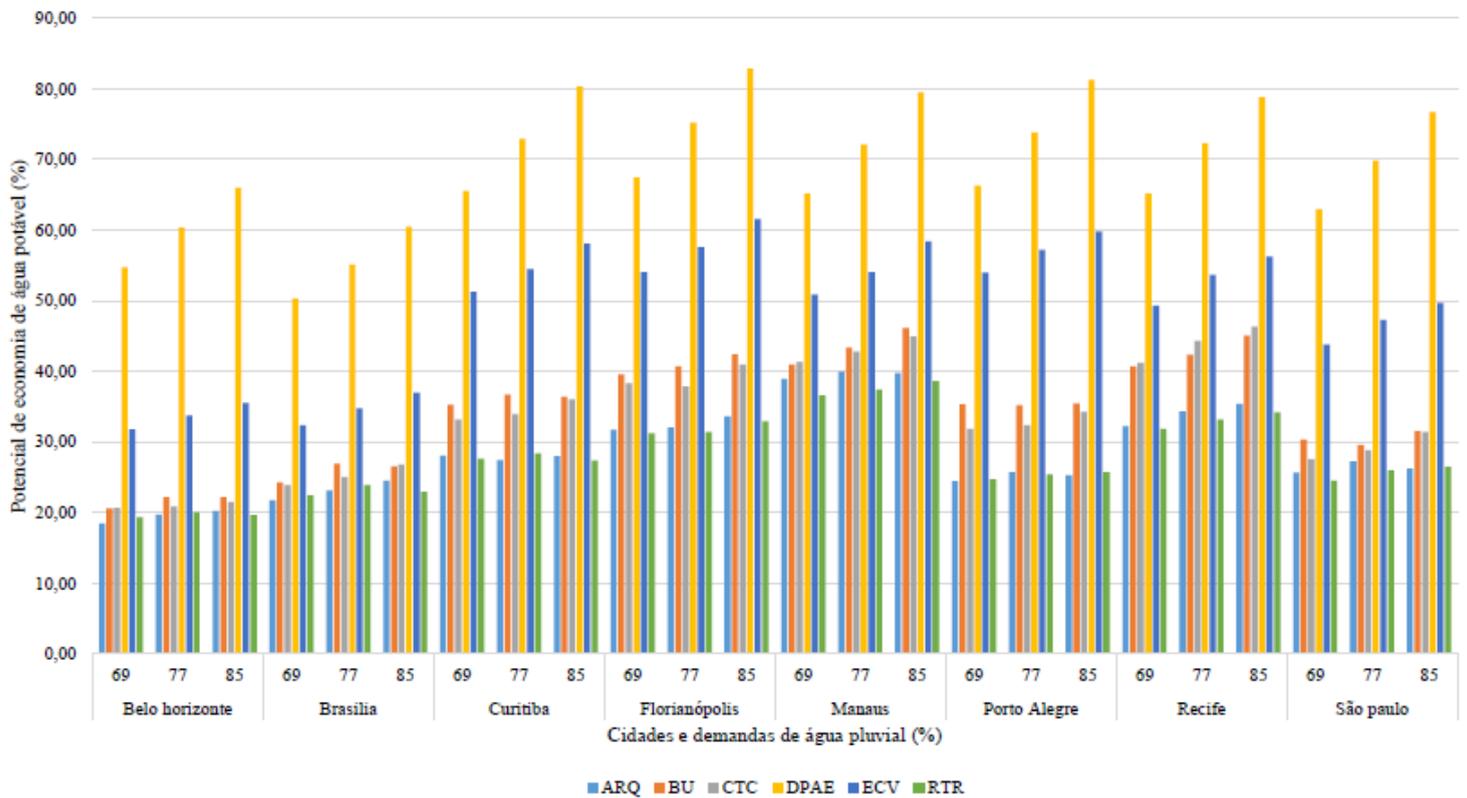


ANEXO III – Permeabilidade dos pavimentos permeáveis analisados ao longo de 12 meses.



Fonte: Fontoura et al. (2021)

ANEXO IV – Potencial de economia de água potável nas diferentes cidades, demandas de água pluvial e edificações.



Fonte: Vaz (2019)



RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante João José Durado Faria de Queiroz
do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2016102508629,
telefone: 62 9 9692 0876 e-mail joao.jos.queiroz@gmail.com, na
qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos
do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Estudo de viabilidade técnica do uso de blocos de concreto permeável
com a fibra natural para a redução do escoamento superficial no município de Goiânia,
gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões
do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado
(Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG,
MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a
título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 10 de março de 2022.

Assinatura do(s) autor(es): João José Durado Faria de Queiroz

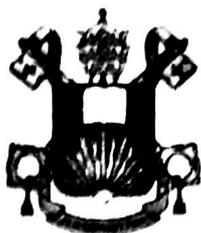
Israel Marques Gomes

Nome completo do autor: João José Durado Faria de Queiroz

Israel Marques Gomes

Assinatura do professor-orientador: [Assinatura]

Nome completo do professor-orientador: EDSON NISHI



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE DESENVOLVIMENTO
INSTITUCIONAL

Av. Universitária, 1069 | Setor Universitário
Caixa Postal 86 | CEP 74605-010
Goiânia | Goiás | Brasil
Fone: (62) 3946.3081 ou 3089 | Fax: (62) 3946.3080
www.pucgoias.edu.br | prodin@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Israel Marques Gomes
do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2013200250306-2,
telefone: 1647348162606 e-mail ismgomes@gmail.com, na
qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos
do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Estudo da viabilidade técnica do uso de Blocos de
concreto Permeáveis como alternativa para a redução
do escoamento superficial no Município de Goiânia,
gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões
do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado
(Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG,
MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a
título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 10 de março de 2022.

Assinatura do(s) autor(es): Israel Marques Gomes

João Jr. Douglas Faria de Queiroz

Nome completo do autor: Israel Marques Gomes

João Jr. Douglas Faria de Queiroz

Assinatura do professor-orientador: [Assinatura]

Nome completo do professor-orientador: EDSON NISHI