

**ESTUDO SOBRE JARDINS VERTICAIS EM CONDOMÍNIOS PARA A REDUÇÃO DA RETENÇÃO DE CALOR, COM REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ATRAVÉS DE CAPTAÇÃO POR CONCRETO PERMEÁVEL**

**STUDY ON VERTICAL GARDENS IN CONDOMINIUMS FOR THE REDUCTION OF HEAT RETENTION, WITH REUSE OF RAINWATER THROUGH PERMEABLE CONCRETE CATCHMENT**

<b>Eder José Siqueira</b>	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda, RJ/Brasil e-mail
<b>Leticia Stefany Leite Aguiar</b>	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda, RJ/Brasil e-mail
<b>Gustavo Dutra de Souza</b>	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda, RJ/Brasil e-mail
<b>Marco Antônio Rigato Mendonça</b>	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda, RJ/Brasil e-mail
<b>Maycon Ferreira Moraes da Silva</b>	Centro Universitário Geraldo di Biase, Volta Redonda, RJ/Brasil e-mail
<b>Resumo</b>	Este projeto tem como finalidade o Estudo sobre jardins verticais implantados em condomínios residenciais com a intenção de avaliação da redução térmica do ambiente e também como a implantação de uma floresta vertical, sendo que a intenção é em partes o piso do condomínio implantar uma área em concreto permeável de forma de o próprio condomínio de forma sustentável possa captar as águas de chuva e utilizá-las para irrigação das plantas, bem como na utilização das mesmas águas em caráter de emergência contra incêndio e também para limpeza do condomínio. O objetivo geral é uma análise da redução térmica do ambiente, bem como da capacidade de permeabilidade do concreto e uma análise da resistência a compressão e a flexão dos blocos que serão utilizados no calçamento, em locais apropriados que serão devidamente indicados no projeto do edifício que fará parte do condomínio, de forma a torná-la uma construção sustentável.
<b>Palavras-chave</b>	Concreto Permeável; Jardim Vertical; Sustentabilidade.

**Abstract** This project aims at the Study on vertical gardens implanted in residential condominiums with the intention of evaluating the thermal reduction of the environment and also as the implementation of a vertical forest, and the intention is in parts the floor of the condominium to implement an area in permeable concrete so that the condominium itself in a sustainable way can capture the rainwater and use them for irrigation of plants, as well as in the use of the same waters as an emergency against fire and also for cleaning the condominium. The general objective is an analysis of the thermal reduction of the environment, as well as the permeability of the concrete and an analysis of the compressive strength and bending of the blocks that will be used in the pavement, in appropriate places that will be properly indicated in the design of the building that will be part of the condominium, in order to make it a sustainable construction.

**Keywords** Permeable Concrete; Vertical garden (vertical forest); Sustainability



Licença de Atribuição BY do Creative Commons  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Aprovado em 09/05/2023  
Publicado em 30/06/2023

## 1. INTRODUÇÃO

Ao solucionar um problema ou sanar alguma necessidade da vivência humana, pode-se acarretar algum outro problema, algo que é muito comum quando se trata de construção. Extensas áreas construídas e/ou pavimentadas, ocasionam dois problemas prejudiciais aos seres humanos e ao ambiente, que são os alagamentos e as ilhas de calor.

Este estudo é voltado à busca de uma diminuição para ambos os problemas, idealizando um condomínio vertical com grande área de sua fachada constituído por vegetação, mais conhecidos como “Jardins Verticais” e que terá como diferencial, o reaproveitamento da água da chuva para a irrigação.

Além da implementação de grande quantidade de vegetação, que naturalmente reduzirá a temperatura ambiente nos apartamentos e conseqüentemente uma economia em energia elétrica, boa parte da pavimentação de áreas comuns será feita de blocos de concreto permeável, possibilitando a infiltração da água da chuva. Parte dessa água poderá ser coletada, reservada e reutilizada para a irrigação do jardim, tornando-o assim um jardim sustentável. Outra parte poderá ser dispensada diretamente no solo ao escoar através do concreto, diminuindo o acúmulo de águas pluviais em vias públicas.

A cidade escolhida para a idealização do condomínio é a cidade de Volta Redonda, que possui alto índice pluviométrico. Este dado será utilizado para cálculo do sistema de reaproveitamento e irrigação.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Estudar a implementação de pavimentação de áreas comuns de condomínios, em concreto permeável pré-moldado, para a coleta e o reaproveitamento de águas pluviais na irrigação de jardim vertical.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver projeto arquitetônico e paisagístico do condomínio vertical;
- Precisar a resistência mecânica do concreto permeável para utilização em áreas

com fluxo de pedestres;

- Analisar o índice de permeabilidade do concreto para dimensionamento do sistema de reaproveitamento de águas pluviais;
- Elaborar projeto hidráulico de irrigação;
- Estimar redução de calor dentro dos apartamentos retido pela vegetação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa estrutura-se no método hipotético-dedutivo, pois se investiga a hipótese de que a implantação de várias edificações constituídas de grande quantidade de vegetação em centros urbanos, pode acarretar em uma diminuição considerável da temperatura ambiente. O estudo está sendo realizado através da idealização de um modelo de edificação qualificada como Jardim Vertical ou Floresta Vertical, que terá como diferencial a captação, armazenamento e a reutilização de águas pluviais para a irrigação da vegetação, captada através de concreto permeável, que será utilizado na pavimentação de determinada área externa do condomínio. Como procedimento, foi idealizado um projeto arquitetônico de um condomínio residencial vertical de classe média, que servirá para análise e estimativa da retenção de calor, bem como, a projeção de uma forma mais econômica e sustentável para sua manutenção. A edificação constitui de onze andares no total, sendo: um térreo, com recepção e salão de festas; nove andares com dois apartamentos por andar de 120m<sup>2</sup> cada; e um terraço, compreendendo uma área construída de 3.185m<sup>2</sup>. A edificação possui uma área verde total de 482,40m<sup>2</sup>, distribuídos nas varandas de cada apartamento, nos jardins verticais em duas laterais da edificação. (conforme Figura 1).



Figura 1 – Vista geral do Prédio com a indicação do jardim vertical.

Os canteiros para vegetações de pequeno porte, havendo vegetação em todos os lados da edificação serão distribuídos conformes Figuras 2 e 3.



Figura 2 – Vista lateral do prédio com o jardim vertical



Figura 3 – Detalhe do pavimento com a distribuição do jardim vertical

A área total do terreno que constituiu esse projeto idealizado é de 2.500m<sup>2</sup>, sendo 50x50m e a área escolhida para a instalação do concreto permeável, bem como as calhas de coleta é de 127m<sup>2</sup>, que compreende a calçada em torno do prédio. A área de estacionamento não foi incluída na captação pois possivelmente haverá contaminação da água com resíduos de óleo e combustível, que ocasionalmente vazam dos veículos.

### 3.1 Materiais

Para precisar a resistêncianca do concreto permeável, como também seu traço, afim de atender a NBR 16416 Pavimentos permeáveis de concreto, Foram confeccionados cilindros e placas de concreto permeável, em laboratório da UGB-FERP campus Volta Redonda, contendo cimento CP VI, areia grossa, brita 0, água e aditivo, na seguinte proporção: 1: 0,5: 2,5, com 0,075 de aditivo e índice de água cimento de 0,29. Este traço permite uma granulometria aberta e grande quantidade de espaços vazios. Serão realizados ainda ensaios de resistência mecânica e permeabilidade, conformes Figuras 4 e 5.



Figura 4 – Blocos Concreto Permeável      Figura 5 – Moldes dos corpos de Provas

### 3.2 Métodos

Para o ensaio da resistência mecânica, foi utilizada uma prensa hidráulica do laboratório da UGB-FERP campus Volta Redonda, conforme ilustrada na Figura 6 e especificada abaixo:

Prensa elétrica hidráulica, com capacidade 200T, digital para ensaios de Corpos de Prova de  $\varnothing$  15x30cm,  $\varnothing$  10x20cm e  $\varnothing$  25x50cm em Concreto. Permite também, ensaios de módulo de elasticidade; tração na flexão em Corpos de Prova prismáticos; compressão diametral e compressão axial em Corpos de Prova  $\varnothing$  5x10cm de Argamassas utilizando dispositivos especiais opcionais.



Figura 6. I-3025-E PRENSA ELETRICA HIDRÁULICA 200T, DIGITAL

Fonte: Contenco Indústria e Comércio Ltda.

Os ensaios de resistência mecânica e índice de permeabilidade serão baseados na NBR 16416, conforme Tabelas 1 e 2 discriminadas a seguir, e serão realizados no laboratório de Materiais de Construção do campus da UGB-FERP de Volta Redonda.

Tabela 1 - Resistência mecânica e espessura mínima do revestimento permeável

Fonte: ABNT - NBR 16416

Tipo de revestimento	Tipo de solicitação	Espessura mínima (mm)	Resistência mecânica característica (MPa)	Método de ensaio	
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 35,0^a$	ABNT NBR 9781	
	Tráfego leve	80,0			
Peça de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 20,0^a$		
	Tráfego leve	80,0			
Placa de concreto permeável	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 2,0^b$		ABNT NBR 15805
	Tráfego leve	80,0			
Concreto permeável moldado no local	Tráfego de pedestres	60,0	$\geq 1,0^c$	ABNT NBR 12142	
	Tráfego leve	100,0	$\geq 2,0^c$		

<sup>a</sup> determinação da resistência à compressão, conforme na ABNT NBR 9781.  
<sup>b</sup> determinação da resistência à flexão, conforme na ABNT NBR 15805.  
<sup>c</sup> determinação da resistência à tração na flexão, conforme na ABNT NBR 12142.

Tabela 2 - Determinação do coeficiente de permeabilidade Fonte: ABNT - NBR 16416

Tipo de revestimento	Método de Ensaio		Coeficiente de permeabilidade do pavimento recém construído m/s
	Local de avaliação		
	Em laboratório	Em campo	
Peça de concreto (juntas alargadas ou áreas vazadas)	Anexo A	Anexo A	$> 10^{-3}$
Peça de concreto permeável	ABNT NBR 13292 ou Anexo A		
Placa de concreto permeável			
Concreto permeável moldado no local			

O condomínio consiste em uma edificação retangular com 9 andares, sendo dois apartamentos por andar, com aproximadamente 116m<sup>2</sup> cada. Em suas laterais, há canteiros suspensos que suportarão vegetações de médio porte, como pequenas arvores. Nas sacadas de cada apartamento, há também

Para o estudo sobre a redução de calor gerada pela vegetação, foi feito uma pesquisa da influencia da vegetação no clima ambiente em grandes cidades, bem como sobre a na absorção e bloqueio da energia solar incidida sobre o prédio.

#### 4 RESULTADOS PRELIMINARES

Com o ensaio de compressão de corpos de prova cilindricos, regido pela NBR 5739, com tipo de ruptura cisalhada, obteve-se os resultados discriminados na Tabela 3:

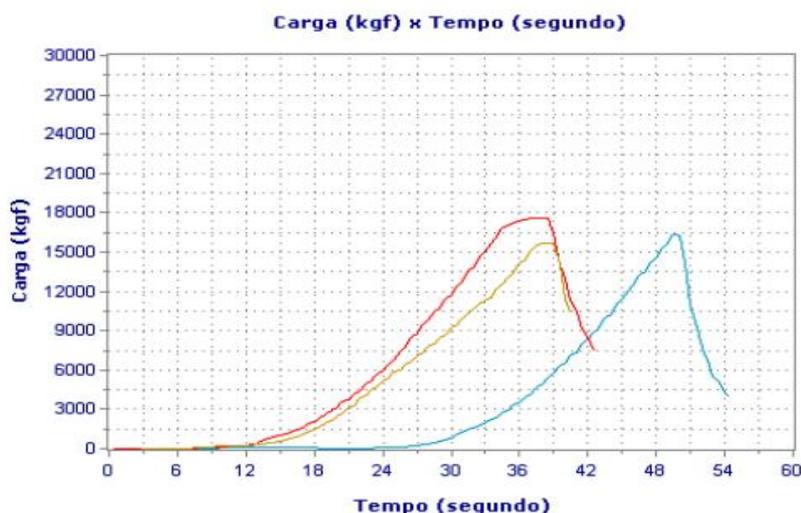
Tabela 3 – Dados obtidos no ensaio de resistência mecânica do concreto permeável:

DADOS DA AMOSTRA				
Nome da amostra:	Permeável traço: 1: 0,5: 2,5			
Tipo de ensaio:	NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.			
Responsável:	Jorge Faria			
Data da moldagem:	05/10/2022			
DADOS DOS CORPOS DE PROVA				
Nome C.P.	Idade (dias)	Tensão Ruptura (Mpa)	Carga Ruptura (kgf)	Tipo Ruptura
A01	8	16,300	13,080	Cisalhada
A02	8	15,800	12,630	Cisalhada
A03	8	16,800	13,490	Cisalhada
A04	8	17,500	14,000	Cisalhada
A05	8	17,300	13,880	Cisalhada
A06	8	18,100	14,470	Cisalhada
<b>Média</b>		<b>16,967</b>	<b>13,592</b>	
Nome C.P.	Idade (dias)	Tensão Ruptura (Mpa)	Carga Ruptura (kgf)	Tipo Ruptura
A01	33	20,500	16,400	Cisalhada
A02	33	22,000	17,600	outro
A03	33	19,600	15,690	Colunar
<b>Média</b>		<b>20,700</b>	<b>16,563</b>	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A seguir é apresentado o gráfico 1 relacionando dados de carga com o tempo de ruptura de cada amostra, sendo a linha azul representando a Amostra 01 (A01), a linha vermelha representando a Amostra 02 (A02) e a linha amarela representando a Amostra 03 (A03).

Gráfico 1 – Dados obtidos no ensaio de resistência mecânica do concreto permeável:



## 5 CONCLUSÃO

Com os dados obtidos nos ensaios dos corpos de prova, percebe-se que com a idade de 8 dias, a resistência do concreto permeável alcançou aproximadamente 85% da resistência mínima de 20 Mpa exigida pela NBR 16416 para tráfego de pedestres e tráfego leve (conforme tabela). O cimento utilizado foi o CPV-ARI (alta resistência inicial).

Com a idade de 33 dias, a resistência de ruptura do concreto alcançou a média de 20,7 Mpa, atendendo ao mínimo exigido pela norma, indicando que o traço escolhido pode ser utilizado para a confecção de placas pré-moldadas, pois é capaz de suportar tráfego leve de pedestres.

A influência da vegetação sobre o clima acontece de diferentes formas, influenciando tanto no albedo quanto na umidade e nas variações de temperatura. Isso significa dizer que alterar a cobertura vegetal de um dado local é também propiciar alterações climáticas no local da intervenção e também em outras partes do planeta.

Conforme Rodolfo A. Pena, as formações vegetais possuem a importante função de absorver parte da energia solar que incide sobre a superfície terrestre. A presença de uma maior cobertura vegetal também influencia a quantidade de umidade presente no ar. A maior parte das florestas existentes é grande emissora de umidade através de um processo chamado de evapotranspiração.

Segundo **Stone (2012)**, três principais estratégias precisam ser consideradas para mitigar o aquecimento nos grandes centros urbanos:

- o plantio de árvores e planejamento de novas configurações com o uso da vegetação (teto verde, parede verde, jardins ao longo da altura dos edifícios (sky gardens);
- o aumento do albedo, incorporando técnicas para menor aquecimento das coberturas ou substituição do revestimento por materiais mais refletivos;
- a implementação de programas de eficiência energética com o compromisso de reduzir as emissões de gases do efeito estufa.

Dessa forma, inserir a vegetação em áreas urbanas é uma das principais

estratégias para mitigar o aquecimento nas cidades, uma vez que as plantas representam um importante papel como regulador do clima urbano (CHEN; WONG, 2006). o efeito da vegetação ocorre por dois mecanismos: evapotranspiração e sombreamento.

Da mesma forma o uso da vegetação como elemento de proteção da envoltória do edifício atua positivamente sobre os fluxos de calor nas coberturas e fachadas, o que representa uma importante ferramenta para o controle térmico passivo no interior das edificações (MATHEUS et al., 2016; CHEN; WONG, 2006).

Considerando-se as interações solo-vegetação-atmosfera, o efeito da vegetação no microclima depende do ambiente urbano em que está inserido, considerando-se não apenas as características das árvores (densidade foliar, saúde da planta), mas também as condições locais (disponibilidade de água) e a forma urbana do entorno (COUTTS et al., 2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**. Pavimentos permeáveis de concreto: Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

[A influência da vegetação sobre o clima - Mundo Educação \(uol.com.br\)](http://www.uol.com.br/mundoeducacao/geografia/a-influencia-vegetacao-sobre-clima.htm#:~:text=Dessa%20forma%2C%20%C3%A1reas%20mais%20abertas,de%20umidade%20presente%20no%20ar) (acessado em 10/09/2022).

Contenco Indústria e Comércio Ltda.

Disponível em: <https://contenco.com.br/produto/prensa-hidraulica-eletrica-200t-i-3025-e/>  
Acessado em: 06/03/2022

<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/a-influencia-vegetacao-sobre-clima.htm#:~:text=Dessa%20forma%2C%20%C3%A1reas%20mais%20abertas,de%20umidade%20presente%20no%20ar> (acessado em 10/09/2022)

SANDOVAL, Gerson F.B. *et al.* Concreto permeável de escória de forno elétrico (FEA): propriedades mecânicas e hidráulicas **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais** Volume 12, Numero 3 (Junho 2019) p. 590 – 607 • ISSN 1983-4195

BATEZINI, Rafael., BALBO, J. T., Estudo da condutividade hidráulica com carga constante e variável em concretos permeáveis. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais** Volume 8, Numero 3 (Junho 2019) p. 248 – 259 • ISSN 1983-4195

PILS, Silvio E., *et al.* Concretos drenantes: estudo de dosagem e adição de fibras de polipropileno. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais** Volume 12, Numero 1 (Fevereiro 2019) p. 101 – 121 • ISSN 1983-4195