

**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**Avaliação da resistência mecânica na reutilização de  
fotopolímero na construção civil.**

**João Paulo dos Santos Oliveira**

**Pindamonhangaba - SP  
2023**

**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**Avaliação da resistência mecânica na reutilização de  
fotopolímero na construção civil.**

**João Paulo dos Santos Oliveira**

Monografia apresentada à Faculdade de  
Tecnologia de Pindamonhangaba para  
graduação no Curso Superior de Tecnologia  
em Manutenção Industrial.

Orientadora: Prof.a Ma. Lúcia de Almeida  
Ribeiro

**Pindamonhangaba - SP  
2023**

R000e Rutter, Rosemberg de Oliveira

Estudo da ocorrência de abertura espontânea da escotilha relacionada a corrosão sob tensão em tampas de Alumínio utilizadas em latas de bebidas carbonatadas / Rosemberg de Oliveira Rutter / FATEC Pindamonhangaba, 2011.

x,78f.: il.; 30 cm.

Orientador Prof. Alexandre Sartori

Co-Orientadora Prof<sup>a</sup> Dra Cristina de Carvalho Ares Elisei

Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. 2011

1.Blowout.

2.Corrosão sob tensão.3.Fadiga.

4.Latinhas de alumínio.

I. Sartori, Alexandre II. Elisei,

Cristina de Carvalho Ares Título.

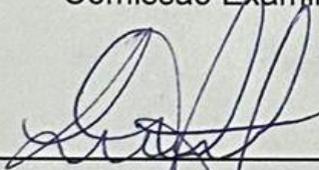
**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**“REUTILIZAÇÃO DE FOTOPOLÍMERO”.**

**João Paulo dos Santos Oliveira**

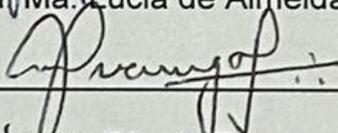
Monografia apresentada à Faculdade de  
Tecnologia de Pindamonhangaba, para  
graduação no Curso Superior de  
Tecnologia em Manutenção Industrial.

Comissão Examinadora



---

Orientador – Profa. Ma. Lucia de Almeida Ribeiro



---

Membro – Prof. Me. Benedito Sérgio Tavares de Alvarenga



---

Membro – Prof. Dr. Sergio Roberto Montoro

**Pindamonhangaba, 11 de dezembro de 2023.**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Prof.a Ma. Lúcia de Almeida Ribeiro, que colaborou diretamente comigo no desenvolvimento e conclusão do mesmo, e também a todos que de certa forma contribuíram para a realização deste projeto.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço à Prof.a Ma. Lúcia de Almeida Ribeiro, por ter sido mais do que uma orientadora durante o desenvolvimento do projeto, contribuindo de diversas maneiras para a realização do trabalho. À minha família, por acreditarem e apoiarem durante todos os anos do curso. À minha noiva Bianca Malaguitte da Silva, que sempre me motivou e apoio mostrando que apesar de tudo podemos buscar evolução e alcançar todos os nossos objetivos. À empresa Marson Engenharia que foi parceira durante o desenvolvimento do trabalho, cedendo seu tempo e equipamento para a realização dos testes, ensaiando os corpos de prova. E, por fim, a todos os professores que se mantiveram empenhados em levar o conhecimento e compartilhar durante todo o curso.

OLIVEIRA, J. P. dos S. **Avaliação da resistência mecânica na reutilização de fotopolímero na construção civil.** 2023. 49p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2023.

## RESUMO

A flexografia é um método bastante utilizado para impressão de embalagens flexíveis, onde o clichê é uma placa de impressão de fotopolímeros. Os clichês dificilmente são reciclados, pois adquirem uma estrutura molecular reticulada, gerando sérios problemas ambientais no seu descarte final, levando em consideração que seu tempo de decomposição é indeterminado. As empresas precisam aterrar os clichês após seu tempo de vida útil dentro do processo. Atualmente não existe um método eficaz para reciclagem dos clichês, portanto, o objetivo deste trabalho é reutilizar o material do clichê após seu descarte, fazendo com que sua característica de isolamento térmico e acústico, seja utilizada junto ao cimento de construção civil para agregar mais características e melhorar a resistência perante a diferentes esforços.

Palavras-chave: Reutilização, Característica, Fotopolímeros, Reciclagem, Estrutura.

OLIVEIRA, J. P. dos S. **Assessment of mechanical resistance in the reuse of photopolymer in construction.** 2023. 49p. Graduation Project (Industrial Maintenance course). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2023.

### **ABSTRACT**

Flexography is a widely used method for printing flexible packaging, where the cliché is a photopolymer printing plate. its decomposition time is indeterminate. Companies need to land clichés after their lifetime within the process. Currently there is no effective method for recycling clichés, therefore, the objective of this work is to reuse the material of the cliché after its disposal, making its characteristic of thermal and acoustic insulation to be used together with civil construction cement to add more characteristics. and improve resistance to different efforts.

Keywords: Reuse, Characteristics, Photopolymers, Recycling, Structure.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados no projeto de Reciclagem de Fotopolímeros.....	25
Tabela 2 - Resultados obtidos por meio de ensaio de tração das amostras em corpo de prova do material reutilizado e cimento CSN CP II.....	35
Tabela 3 – Resultados obtidos com os respectivos CPs e dias de cura.....	46

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
<b>1.2.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>13</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 CONCRETO .....	14
<b>2.2.1 TIPOS DE CIMENTO.....</b>	<b>15</b>
2.2.1.1 CIMENTO PORTLAND COMUM (CP I) .....	16
2.2.1.2 CIMENTO PORTLAND COMPOSTO (CP II) .....	16
2.2.1.3 CIMENTO PORTLAND DE ALTO-FORNO (CP III) .....	16
2.2.1.4 CIMENTO PORTLAND POZOLÂNICO (CP IV) .....	16
2.2.1.5 CIMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTÊNCIA INICIAL (CP V) .....	17
2.2.1.6 CIMENTO PORTLAND RESISTENTE A SULFATOS (RS) .....	<b>17</b>
<b>2.2.2 AGREGADOS UTILIZADOS.....</b>	<b>17</b>
2.2.2.1 AREIA.....	18
2.2.2.2 BRITA.....	19
2.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO NO SEGMENTO CIVIL.....	22
2.4 TESTE SLUMP.....	31
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 MATERIAIS.....	38
3.2 METODOLOGIA.....	39
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia está presente no mundo todo, a fim de, facilitar e melhorar processos para o desenvolvimento da sociedade. Porém, para diversos avanços da sociedade com a tecnologia, também vem os efeitos negativos, como o esgotamento de recursos naturais e a redução da capacidade de recuperação dos ecossistemas. Inclui-se também a geração de resíduos e disposição final dos materiais.

A reciclagem é uma das principais alternativas adotadas para reduzir a quantidade de resíduos gerados e diminuir o impacto causado na natureza, porém, para alguns materiais não é possível a reciclagem por conta da sua composição química ou impacto maior na natureza durante o processo para fazer a reciclagem dele.

Atualmente no processo de impressão em Flexografia, utiliza-se uma borracha, denominada “clichê fotopolímero” com as áreas de grafismo em alto-relevo. A impressão é realizada diretamente sobre o suporte utilizando tintas fluidas, voláteis e de secagem rápida, ou tinta ultravioleta - UV. Seus principais usos são para a impressão de embalagens, etiquetas, rótulos, produtos de sacarias, listas telefônicas, jornais, sacolas, embalagens corrugadas, entre outros. Desde que os polímeros conquistaram o mercado, sua fração nos resíduos sólidos tornou-se significativa. Preocupados com o incremento exponencial deste resíduo ao longo do tempo, visto sua baixa biodegradabilidade, iniciaram-se vários estudos visando seu reaproveitamento. Após sua vida útil dentro do processo o clichê é descartado ou incinerado, por não ter um processo de reciclagem para ele.

Desta forma, estudos estão sendo realizados para que possa se explorar uma maneira de reutilizar os clichês fotopolímeros dentro do processo de construção civil, fazendo com que, de forma reduzida, o clichê seja depositado no meio do cimento para agregar valor ao mesmo e para que possa deixar de ser descartados no meio ambiente ou incinerados, diminuindo positivamente o impacto causado por conta de sua agressão ao meio ambiente.

### 1.1 PROBLEMA

Os clichês são dificilmente reciclados, porque adquirem uma estrutura molecular reticulada, gerando também graves problemas ambientais no seu descarte final, logo que, apresentam um período de decomposição indeterminado. Conseqüentemente, as empresas precisam aterrar os clichês após o seu tempo de

vida. Atualmente, não existem produtos ou métodos de reciclagem deste material. Portanto, o objetivo deste trabalho é reutilizar os clichês através da moagem do mesmo e de uma mistura feita com cimento de construção civil, a fim de, utilizar o material em outro processo para que possa agregar características, como, isolamento térmico e acústico, além de, diminuir o impacto ambiental causado no aterramento e descarte das placas de foto polímeros após sua utilização.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Reutilizar é a maneira mais eficaz de diminuir os agravantes causados pelo descarte e incineração do fotopolímero após sua vida útil dentro do processo industrial, visando também a agregação de valores para o processo de construção civil, com a utilização do mesmo, triturando e misturado, junto ao material utilizado para construção civil.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Com a doação do material, feito por uma empresa de impressão de embalagem, foi realizada a trituração do material para diminuir em pedaços menores para que após a adição do material ao cimento não ocorra expansão indesejada do material e possíveis trincas.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Visa diminuir o impacto ambiental causado no aterramento e descarte das placas de fotopolímeros após sua utilização e utilizando-o como agregado ao cimento na pavimentação de área de tráfego leve.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCRETO

O concreto é “material construtivo” amplamente disseminado. Podemos encontrá-lo em nossas casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, até em plataformas de extração petrolífera móveis. Estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, o que consiste, segundo a *Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado* (FIHP), aproximadamente, um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água. No Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras gira em torno de 30 milhões de metros cúbicos aproximadamente 60 milhões. Resumidamente, pode-se afirmar que o concreto é uma pedra artificial que se molda à necessidade construtiva do ser humano. Este é capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico: possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados. Duas propriedades do concreto que o destacam como material construtivo, são: sua resistência à água – diferentemente do aço e da madeira, o concreto sofre menor deterioração quando exposto à água, razão de sua utilização em estruturas de controle, armazenamento e transporte de água, e sua plasticidade, que possibilita obter formas construtivas inusitadas, como se vê nas obras arquitetônicas diversas. Mas existem outras vantagens: a disponibilidade abundante de seus elementos constituintes e seus baixos custos. “em termos de sustentabilidade, o concreto armado consome muito menos energia do que o alumínio, o aço, o vidro, e também emite proporcionalmente menos gases e partículas poluentes”, ressalta Arnaldo Forti Battagin, chefe dos laboratórios da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

Segundo a ASTM (American Society for Testing and Materials), o concreto é um material compósito que consiste de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes naturezas. O aglomerante é o cimento em presença de água; o agregado é qualquer material granular, como areia, pedregulho, seixos, rocha britada, escória de alto-forno e resíduos de construção e de demolição; se as partículas de agregado são maiores do que 4,75mm, o agregado é dito graúdo; caso contrário, o agregado é miúdo; os aditivos e adições são substâncias

químicas adicionadas ao concreto em seu estado fresco que lhe alteram algumas propriedades, adequando-as às necessidades construtivas. “O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento”, define Inês Battagin, superintendente do cb-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O segredo para que mistura se comporte como descrito acima está justamente na presença do cimento. Esta mistura finamente moída de compósitos inorgânicos calcinados (calcário, argila) que, quando combinada com água, endurece. As reações químicas entre os minerais do cimento e a água (reações de hidratação) resultam na pasta que se solidificará com o tempo, reunindo em torno de si os agregados. Há dois tipos básicos de cimento. Os que não endurecem debaixo da água e, quando endurecidos, dissolvem-se lentamente se expostos à água. Sua origem remonta ao Egito antigo e à mesopotâmia. E os cimentos usados no concreto, que permanecem estáveis em ambiente aquoso, solidifica-se e mantém suas propriedades (resistência à água); por isso, dito cimento hidráulico. O cimento hidráulico largamente empregado no concreto moderno é o cimento portland.

### 2.2.1 Tipos de cimento

As dosagens do cimento e do concreto, ou seja, as proporções dessas misturas são tão importantes para a obtenção de um produto de qualidade que são normatizadas. Cada país possui normas técnicas que recomendam como obter diferentes cimentos e concretos para diferentes aplicações. No Brasil, o mercado da construção civil dispõe de 6 opções de cimentos, conforme Figura 1:

Figura 1 - Tipos de cimentos Portland.



Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-cimento>.

2.2.1.1 Cimento Portland comum (CP I) é o cimento Portland sem quaisquer adições, exceto gesso, usados para controlar a pega (o tempo necessário para o endurecimento parcial do composto). É recomendado para o uso em construções de concreto em geral, quando não são exigidas propriedades especiais do cimento. Classe de resistência: 25 MPa. É normalizado pela ABNT NBR 5732.

2.2.1.2 Cimento Portland composto (CP II) tem adições de escória, *pozolana* ou *filler* em pequenas proporções. Sua composição segue a Norma ABNT NBR 11578. Devido ao desempenho equivalente ao CP I, o cimento composto atende plenamente às necessidades da maioria das aplicações usuais, apresentando, em muitos casos, vantagens adicionais. Classe de resistência: 25, 32 e 40 Mpa.

2.2.1.3 Cimento Portland de alto-forno (CP III) – (utilizado nesse trabalho) normalizado pela ABNT NBR 5735, este cimento pode conter escória de alto forno variando de 35 a 70% de sua massa. Por apresentar maior impermeabilidade e durabilidade, baixo calor de hidratação e alta resistência à expansão e a sulfatos (reações álcali-agregado), este cimento é vantajoso em obras de concreto massa, tais como a construção de barragens. Classe de resistência: 25, 32 e 40 Mpa.

2.2.1.4 Cimento Portland Pozolânico (CP IV) possui *pozolana* (cinzas volantes naturais ou artificiais nome derivado da localidade italiana de *Pozzuoli*) em quantidade que varia de 15 a 50% de sua massa. É normalizado pela ABNT NBR 5736. Recomendado para obras expostas à ação de água corrente e para ambientes

agressivos por suas propriedades de baixa permeabilidade, alta durabilidade, alta resistência à compressão a idades avançadas. Classe de resistência: 25 e 32 Mpa.

2.2.1.5 Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V – ARI) por atingir altas resistências já nos primeiros dias de aplicação, este cimento é usado por fábricas de blocos para alvenaria, blocos para pavimentação, de tubos, lajes, meio-fio, mourões, postos e de elementos arquitetônicos pré-moldados, que necessitam de um cimento de elevada resistência inicial para a rápida desforma. O desenvolvimento dessa propriedade é obtido pela utilização de uma dosagem específica de calcário e argila na produção de clínquer e pela moagem mais fina do cimento, normalizados pela ABNT NBR 5733. As alterações nas dosagens de calcário e argila na produção do clínquer garante ao CP V - ARI uma alta resistência inicial do concreto podendo atingir em torno de 26Mpa de resistência já no primeiro dia de aplicação do concreto.

2.2.1.6 Cimento Portland resistente a sulfatos (RS) com a propriedades de elevada resistência a sulfetos, ele é normalizado pela ABNT NBR 5737 e recomendado para obras em ambientes agressivos, tais como: redes de esgotos e obras em regiões litorâneas, subterrâneas e marítimas. Os cinco tipos de cimento expostos anteriormente podem ser resistentes a sulfatos, caso observarem os parâmetros para essa propriedade em sua nomenclatura (rs). Classe de resistência: 25, 32 e 40 Mpa.

### 2.2.2 Agregados Utilizados

Agregados é a nomenclatura utilizada para minerais para construção civil: areia, brita e cascalho. Informações sobre as principais características físicas e químicas desse grupo de minerais, suas aplicabilidades e formas de ocorrência. (DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral – Ministério de minas e energia) – os agregados para indústria da construção civil são os insumos mais consumidos no mundo. Dessa forma, os agregados são matérias granulares, sem e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia civil. Podem ser classificados levando-se em conta a origem, a densidade e o tamanho dos fragmentos. Com relação à origem, podem ser chamados de agregados naturais e artificiais. Naturais são os materiais extraídos em sua forma fragmentar, sendo está, a forma que o material é encontrado na sua área fonte (jazida). Como exemplo de agregados naturais tem: areia e cascalho. Os agregados artificiais são os materiais que são extraídos em forma de blocos e

precisam passar por processos de fragmentação, como a brita e areia britada. Considerando a densidade, existem agregados leves (pedra-pomes, vermiculita...); agregados normais (brita, areia, cascalho...); agregados pesados (barita, magnetita...). Quanto ao tamanho dos fragmentos, tem-se: agregados miúdos, os materiais com diâmetro entre 4,8mm até diâmetro mínimo de 0,075mm, especificada pela Norma ABNT NBR 7211. Como exemplo de agregado miúdo tem: areias de origem natural, encontrada como fragmentos, ou resultante de britagem. Define-se ainda agregado graúdo, ou pedregulho, os materiais com diâmetro mínimo de 4,8mm e máximo de 152mm, especificada pela mesma norma citada anteriormente. Como exemplo de agregados graúdos tem: cascalho e brita. Levando em conta esses conceitos, é possível deduzir que os agregados são obtidos em rochas cristalinas ou depósitos naturais sedimentares. As propriedades físicas e químicas dos agregados e as misturas ligantes são essenciais para a vida das estruturas (obras) em que são usados. São muitos os casos de colapsos de estruturas em que é possível chegar-se a conclusão que a causa foi à seleção e o uso inadequado dos agregados. A exploração destes materiais em sua área fonte (pedreira, depósito sedimentar) depende basicamente de três fatores: a qualidade do material, o volume de material útil e o transporte, ou seja, a localização geográfica da jazida. estes materiais agregados são utilizados principalmente para confecção de concreto, blocos para revestimento de edifícios, proteção de taludes de barragens, pedra britada para os leitos de ferrovias, aeroportos e rodovias, blocos para calçamento de ruas, avenidas, em indústria de cerâmica, de vidro, etc.

#### 2.2.2.1 Areia

Areia é uma substância natural, proveniente da desagregação de rochas; para utilização como agregado em concreto de possuir granulometria variando entre 0,05 e 5 milímetros pelas Normas da ABNT. Praticamente, todas as rochas são passíveis de resultar em areias pela desagregação mecânica. No entanto, as mais favoráveis são aquelas com altos teores de quartzo, uma vez que esse mineral restará como resíduo, após a decomposição física e/ou química. Conforme Figura 2, as areias são constituídas principalmente por quartzo, um mineral de fórmula geral  $\text{SiO}_2$  amplamente distribuído na crosta terrestre, constituindo aproximadamente 12% dela. Dependendo da granulometria e grau de pureza, as areias têm empregos específicos. Aquelas de baixo teor de ferro são usadas na fabricação de vidros e na indústria cerâmica e refratária. as areias com alta concentração de sílica se usam na

siderurgia, para confecção de ligas ferro-silício. As areias mais grosseiras e com maior impureza se utilizam na construção civil e as mais finas como abrasivos. Os materiais mais comuns são areias quartzosas e pó de pedra granítico ou calcário (cerca de 20% de britagem). Fonte (DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral – Ministério de minas e energia). a areia pertence ao grupo dos agregados para construção civil (areia, brita e cascalho) que ocupam 1º lugar em quantidade e 2º em valor no mundo. Os baixos preços unitários resultam da relação entre limites de distância de distribuição (uso local) e larga distribuição de pequenos empreendimentos. Na produção e comércio predominam o improvisado e a informalidade.

Figura 2 - Areia.



Fonte: <https://www.tudoconstrucao.com/tipos-de-areia-conheca-os-tipos-e-veja-como-sao-utilizados/>

#### 2.2.2.2 Brita

Material classificado como agregado de origem artificial, de tamanho graúdo. Tendo como área fonte as pedreiras, que exploram rochas cristalinas com solos pouco espessos de cobertura, no estado físico sem muita alteração, de preferência aquela contendo rochas quartzo – *feldspáticas* como os granitos, gnaisses. Porém, às vezes, rochas como o basalto e calcários microcristalinos, também são explorados para essa finalidade. (DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral – Ministério de minas e energia) a textura da rocha fonte deve ser coesa e não muito grossa, com baixa porosidade, ausência de plano de fraqueza ou

estrutura isotrópica. Não é recomendável utilizar rochas xistosas, com acamamento, foliações finas, micro fraturas. A produção de agregados para a construção civil está distribuída por todo território nacional. O número de empresas que produzem pedra britada é da ordem de 250, a maioria de controle familiar. Estas empresas geram cerca de 15.000 empregos diretos; 60% produzem menos de 200.000 toneladas/ano; 30%, entre 200.000 toneladas/ano e 500.000 toneladas/ano; e 10%, mais do que 500.000 toneladas/ano. Cerca de 2.000 empresas se dedicam à extração de areia, na grande maioria, pequenas empresas familiares, gerando cerca de 45.000 empregos diretos. Destas, 60% produzem menos de 100.000 toneladas/ano; 35%, entre 100.000 toneladas ano e 300.000 toneladas/ano; e 5%, mais do que 300.000 toneladas/ano. (DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral – Ministério de minas e energia) a participação dos tipos de rocha utilizadas na produção de brita é a seguinte: granito e gnaisse – 85%; calcário e dolomito – 10%; e basalto e diabásio – 5%. O estado de São Paulo responde por cerca de 30% da produção nacional. Outros importantes estados produtores são Minas Gerais (12%), Rio de Janeiro (9%), Paraná (7%), Rio Grande do Sul (6%) e Santa Catarina (4%). (DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral – Ministério de minas e energia) quanto aos minerais, devem-se evitar rochas que predominem os minerais deletérios: micas (especialmente biotita e clorita, em percentagem superior a 20%), assim como, os óxidos, sulfetos e carbonatos em grãos grossos. É preferível rochas com ausência de minerais desagregados ou em decomposição (feldspato, micas e máficos). A forma e superfície do grão também exercem influência. Portanto, formas arredondadas e superfícies lisas reduzem a porosidade entre os grãos e facilitam a fluidez do concreto. Formas angulosas e superfícies rugosas facilitam a aderência do cimento. As Normas Técnicas (NBR) são: agregado para concreto (7211), apreciação petrográfica (7389), amostragem (7216), forma (7809), pedra e agregados naturais (7225), alterabilidade (12696/7). Conforme Figura 3, os tamanhos de britas são classificados pela ABNT NBR 7525, como:

Brita 0 (Pedrisco) - A brita zero para concreto é um tipo de material que tem uma espessura mais fina, cujo tamanho pode ir de 4,8 mm a 9,5 mm, segundo a ABNT. Por ter uma espessura mais fina, o seu uso é mais adequado para fabricar vigas e vigotas, blocos de concretos, tubos, jateamento em túneis, lajes pré-moldadas e em diversos tipos de acabamento. Fora isso, também é possível usar a

brita 0 em obras de infraestrutura urbana ou para o preparo de paralelepípedos, chapisco em parede, concreto de armação de baixa espessura e manilhas.

Brita 1 - Trata-se de um minério que varia de 9,5 mm a 19 mm que, nesse caso, é muito comum na construção civil como base para colunas de sustentação, vigas e lajes de obras de grande porte, como pontes, prédios, espaços residenciais e comerciais. O concreto com brita leve tem por principal característica a resistência e, portanto, é um material muito útil.

Brita 2A - brita 2 tem por característica um tamanho médio que varia de 19 mm a 25 mm. No entanto, ela é feita de concreto bruto. E isso acontece devido ao fato de que ele precisa ser mais resistente. Em relação ao seu uso, ele é comum em fundações e pisos que requerem espessura maior.

Brita 4A - Também chamada de "bica corrida", trata-se de um tipo que tem uma mistura de grãos maiores, com pedriscos e pó de pedra. Sendo assim, não há uma granulometria definida, haja vista que a sua produção fica de acordo com a necessidade de cada cliente. No entanto, esse é um minério muito comum de se usar em pavimentações de vias secundárias, ruas e acessos à obra, bem como galpões com piso de barro e aterros. Fora isso, esse é um tipo de brita para concreto perfeita para ambientes que precisam de um material denso. O tipo mais grosso é ideal para pontos de escoamento de água. Brita graduada Conhecida também como "BGS", trata-se de um material cuja composição se baseia na mistura de britas de rochas com tamanhos distintos. Mas, caso se for compactada da forma correta, a brita graduada acaba adquirindo propriedades como estabilidade e durabilidade. No que tange ao seu uso, é muito comum para trabalho de pavimentação ou reforço de vias, em obras de base. Também é um bom material para melhorar a condição de rolamento de estradas ou para a produção de calçadas, tubulações, pisos etc.

nº 1 – 4,8 a 12,5mm;

nº 2 – 12,5 a 25mm;

nº 3 – 25 a 50mm;

nº 4 – 50 a 76mm;

nº 5 – 76 a 100mm.

Figura 3 - Tipos de brita.



Fonte: <https://construcaoecabamento.com.br/estrutura/tipos-de-brita-para-concreto/>

### 2.3 Ensaio de compressão no segmento civil

O ensaio de compressão do concreto é um aspecto relevante da indústria da construção, fornecendo informações sobre a resistência e durabilidade das estruturas de concreto.

O teste de compressão de concreto envolve a aplicação de uma força compressiva a uma amostra de concreto cilíndrica ou cúbica até que ela se rompa.

O dispositivo de teste consiste em uma prensa hidráulica, uma célula de carga e uma máquina de teste, conforme Figura 4.

Figura 4 - Equipamento para teste de compressão em concreto.



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/teste-de-compress%C3%A3o-em-concreto-sidnei-cavassani>.

A amostra é colocada entre as placas de carga da máquina de teste e carregada até a ocorrência de falhas.

A resistência à compressão do concreto é calculada dividindo a carga máxima obtida pela área da seção transversal do corpo de prova.

Os resultados dos testes de compressão fornecem informações importantes sobre a resistência e durabilidade das estruturas de concreto.

Quanto maior a resistência à compressão, mais resistente é o concreto.

Os resultados dos testes de compressão também podem fornecer informações valiosas sobre a qualidade da mistura de concreto, o processo de cura e quaisquer imperfeições na estrutura de concreto.

Esses resultados podem ser comparados aos padrões da indústria para determinar se o concreto atende às especificações de resistência e durabilidade exigidas.

Se o concreto não atender aos padrões exigidos, pode ser necessário ajustar a proporção de mistura, o processo de cura ou o projeto da estrutura para aumentar sua resistência e durabilidade.

Os resultados dos testes de compressão têm implicações significativas para futuros projetos de construção, pois afetam a segurança e a longevidade das estruturas.

Descrevendo equipamentos e procedimentos de teste, analisando os resultados e comparando-os com os padrões da indústria, podemos determinar o impacto em futuros projetos de construção.

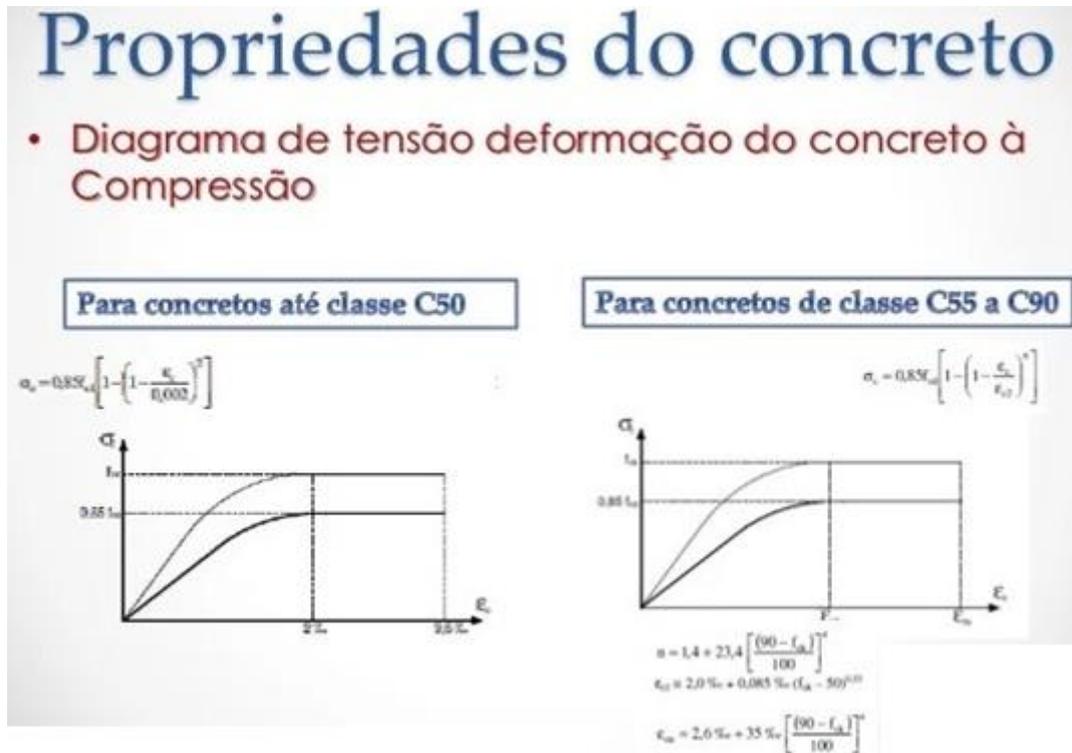
O teste de compressão é uma ferramenta importante para garantir a segurança e longevidade das estruturas de concreto, e os resultados devem ser cuidadosamente considerados em todos os projetos de construção.

#### **Definição do teste de compressão do concreto:**

O procedimento mais comum para medir a resistência mecânica do concreto com base em parâmetros mínimos de aplicação é o ensaio de compressão.

O ensaio, realizado em laboratório, consiste na aplicação de uma força de compressão axial a uma amostra, a partir da qual é traçado um diagrama tensão-deformação, conforme Figura 5.

Figura 5 - Gráfico de tensão x deformação para concreto.



Fonte: <https://www.linkedin.com/pulse/teste-de-compress%C3%A3o-em-concreto-sidnei-cavassani>.

### Realização do teste de compressão de concreto (Etapas):

Após o recebimento das amostras retiradas no campo e encaminhadas ao laboratório, elas são armazenadas em câmara úmida por um período definido de acordo com a necessidade do cliente, lembrando sempre que o concreto atinge sua resistência característica no 28º dia. Conforme Figura 6, o dispositivo para preparação do CPs conforme norma NBR5738.

Figura 6 - Forma para preparação dos CPs para teste de compressão.



Fonte: <https://www.didaticasp.com.br/forma-metalica-cilindrica-para-corpo-de-prova>

Amostras e moldes de corpos de prova (CP) devem ser retirados de cada caminhão de concreto para ensaio de resistência.

Para a correta moldagem do corpo de prova no molde, o concreto fresco é despejado no molde e segue instruções da Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Número de camadas para moldagem dos corpos de prova.

Tipo de corpo-de-prova	Dimensão básica (d) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
Prismático	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	--	--

<sup>1)</sup> Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

Fonte: NBR5738, 2003,p.4.

Conforme Figura 7 à 12, referem-se ao processo de fabricação dos moldes.

Na Figura 7, foram adotadas para o ensaio, 2 camadas golpeadas manualmente 12 vezes por camada para o adensamento.

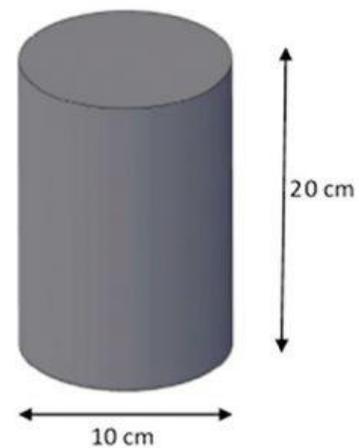
Figura 7 - Moldagem do corpo de prova do concreto fresco.



Fonte: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Moldagem-de-corpos-de-prova-cilindricos\\_fig5\\_346065375](https://www.researchgate.net/figure/Figura-5-Moldagem-de-corpos-de-prova-cilindricos_fig5_346065375).

Para realizar o teste corretamente, primeiro o CP precisa ser nivelado para que se encaixe perfeitamente na máquina, conforme Figura 8.

Figura 8 – CP de teste: CP cilíndrico nas dimensões de 100mm de diâmetro por 200mm de altura.



.Fonte: <https://www.iguiecologia.com/pavimentacao/corpos-de-provas-de-concreto-fonte-unicamp/>.

Figura 9 – CP em cura: Corpos de prova em etapa de conservação na água.



Fonte: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/corpo-de-prova-do-concreto-como-realizar-teste/>.

Figura 10 – CP em máquina para teste: Máquina para ensaio de compressão axial de concreto.



Fonte: <https://dynamistechne.com/nossos-servicos/extracao-e-ensaios-de-corpos-de-prova-de-concreto-e-aco/>.

Figura 11 – Sequência do teste de compressão do CP.



Fonte: Próprio autor.

Figura 12 - CP após rompimento.



Fonte: Próprio autor.

**Análise dos resultados do teste de compressão de concreto:**

Essa resistência é medida por ensaios de compressão, padronizados pela ABNT NBR 5739:2018 e cálculos estatísticos específicos.

Métodos de obtenção do FCK ou "Conhecimento Característico da Compressão"/"Propriedades

Compressivas do Concreto" do concreto são relevantes, principalmente para garantir a resistência utilizada nos cálculos estruturais, e a correta produção do concreto, tanto para elementos estruturais de concreto, quanto para fabricação de elementos pré-fabricados.

FCK é medido em megapascais (MPa).

**Etapas do teste de compressão:**

1 - Amostragem (Coleta).

2 - Preparação.

- Transporte
- Modelagem
- Cura

3 - Registro de amostras, incluindo pelo menos.

- Referências normativas;
- Data e hora;
- Fornecedor;
- Responsável;
- Nota Fiscal;
- Fck;
- Abatimento;
- Local de Aplicação.

4 - Armazenamento.

5 - Teste de ruptura por compressão.

6 - Registro dos resultados, contendo:

- Identificação;
- Data de moldagem;
- Idade (cura);
- Data do ensaio;
- Resistência (com aproximadamente 0,1 Mpa);

- Tipo de ruptura;

**Opcionalmente:**

- A categoria e data da última verificação da máquina de ensaios;
- Carga de ruptura;
- Área da seção transversal, expressa em centímetros quadrados;
- Defeitos no corpo de prova cilíndrico;
- Marca, tipo e classe do cimento;
- Origem dos agregados;
- Traço da massa do concreto;
- Resistência especificada do concreto ( $f_{ck}$ ).

**Importante:**

A NBR 16886 e a NBR 5738 devem ser utilizadas para amostras retiradas de concreto fresco (durante a concretagem) enquanto a NBR 7680-1 deve ser utilizada para amostras retiradas de estruturas prontas, caso em que as amostras são denominadas testemunhos.

O teste de compressão é essencial para determinar a resistência do concreto e verificar se ele atinge a resistência mínima exigida para um projeto. Essas informações são importantes para diversas situações, como:

- Remoção de fôrmas e suportes, isso só pode ser feito quando o concreto estiver curado o suficiente para resistir às ações que atuam sobre ele, e não causar deformações inaceitáveis, de acordo com os valores mínimos de resistência à compressão e módulo de elasticidade definidos no projeto, além de requerer um plano específico (sequência de operações) para remover os suportes.
- Avaliação da segurança estrutural de empreendimentos em construção onde a resistência à compressão do concreto não atende a norma NBR 12655;
- Verificar a segurança estrutural das obras existentes, com vista a obras de readaptação, remodelações, mudanças de utilização, incêndios, acidentes, desmoronamentos parciais e outras situações em que deva ser conhecida a resistência à compressão.

## 2.4 Teste Slump

O *slump test* é uma técnica muito utilizada para avaliar a consistência do concreto, sendo um ensaio de extrema importância na construção civil. O teste de slump ajuda a certificar a qualidade, prevenir problemas de execução, economizar tempo e dinheiro e, ainda, garantir a segurança dos trabalhadores e da estrutura. Esse teste deve ser sempre realizado para avaliar a capacidade do concreto de se deformar sob carga, e ser realizado durante a produção do concreto para que se garanta a consistência ideal a ser utilizada. Em território brasileiro, o teste de slump é padronizado por normas técnicas, como a NBR NM 67/1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone - determinando um método a ser adotado para realização do teste, considerando a consistência do concreto fresco em laboratório ou na obra, conforme Figura 13.

Figura 13 - Teste Slump.



Fonte: <https://www.vobi.com.br/blog/slump-test>.

### **O que é *slump test*?**

Antes da definição do *slump test*, precisamos rever algumas propriedades. Sabe-se que o traço do concreto é uma combinação de materiais (aglomerante, agregado miúdo, agregado graúdo e água) que visa atingir as propriedades desejadas, como resistência mecânica e trabalhabilidade, necessárias para o uso em uma construção.

A trabalhabilidade do concreto refere-se à sua capacidade de ser misturado, transportado, lançado e adensado com facilidade e sem separação excessiva dos seus componentes, resultando em uma estrutura coesa e homogênea.

Além do traço, aditivos e métodos de transporte, o motivo que mais influencia na trabalhabilidade do concreto é a consistência. Ela está diretamente relacionada com a maior ou menor fluidez do concreto, tendo como o principal fator de definição o teor de água. Quanto maior for a quantidade de água menor será a resistência.

O *slump test* ou ensaio de abatimento do concreto, é um experimento utilizado para avaliar a consistência do concreto fresco, por meio da medição de sua deformação sob carga, sendo comumente realizado no canteiro de obras.

O teste é realizado despejando o concreto em um molde padrão em formato de cone truncado e, em seguida, essa forma é removida cuidadosamente. O grau de abatimento (ou slump) do concreto é medido pela diferença entre a altura original do molde e a altura do concreto após a remoção dessa forma.

O resultado do *slump test* é comparado com os valores especificados em normas técnicas, como a NBR NM 67/1998, para determinar se a consistência do concreto é adequada para o uso na construção civil e, assim, garantir a qualidade e a segurança do concreto na obra. Saiba em quais situações deve ser realizado o *slump test*:

- **Antes do lançamento do concreto na obra:** para garantir que o material tenha a consistência adequada para ser facilmente lançado, compactado e adensado.
- **Após mudanças no traço ou nas condições de produção do concreto:** para que se garanta que as mudanças realizadas não afetaram a consistência do concreto de forma negativa. Ou, ainda, quando tiver sinais de segregação, exsudação ou outros problemas relacionados à consistência do concreto.
- **Quando o controle de qualidade exige:** o teste pode ser exigido como parte do controle de qualidade em obras e projetos.

### **A importância do *slump test***

O *slump test* é um ensaio simples e essencial que pode evitar problemas estruturais e prejuízos financeiros na construção de uma edificação. Por isso, sua realização é fundamental para garantir a qualidade do concreto utilizado na obra.

Se, ao construir uma casa, o ensaio de abatimento do concreto não for realizado, a mistura desse material construtivo pode ser inadequada, o que futuramente pode levar a diversos problemas. A insuficiência da consistência pode levar a não compactação do concreto, logo, o resultado será, por exemplo, pilares e vigas com fissuras ou até colapsadas. Esse cenário compromete a durabilidade da edificação.

Ou de maneira oposta, se a mistura do concreto houver consistência excessiva, será difícil acontecer o adensamento do material, podendo resultar em vazios na estrutura da edificação - também conhecidos como bicheiras. Além de que, a utilização de um concreto muito rígido interfere no acabamento da obra, dificultando assim, o assentamento de piso.

Logo, a falta da realização do *slump test* pode levar a diversos problemas na construção de uma edificação, entre essas problemáticas estão: defeitos estéticos, diminuição da vida útil da estrutura, problemas de segurança, atrasos na obra e, conseqüentemente, aumento de custos.

Vale ressaltar que o ensaio de abatimento do concreto é simples e rápido, e seu custo é irrisório em comparação aos prejuízos que podem ser causados por uma mistura inadequada de concreto.

### **Norma *Slump test***

A norma do *slump test* NBR NM 67:1998 (Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone), estabelece um método para a realização do *slump test*. A norma é dividida em objetivo, referências normativas, amostragem, aparelhagem, procedimento, expressão dos resultados e relatório do ensaio. Segue a seguir a descrição dos materiais utilizados no teste, conforme Figura 14.

- Molde: elemento metálico com o formato de um cone com as seguintes dimensões: altura total de 30 cm, diâmetro superior de 10 cm e diâmetro inferior de 20 cm e, ainda, com a espessura igual ou maior que 1,5mm
- Haste de compactação: seção circular, reta, feita de aço com diâmetro de 16 mm e comprimento de 600 mm com extremidades arredondadas.



A Norma NBR 8953/2015 (Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência) especifica os concretos com relação a trabalhabilidade, medida pelo ensaio de abatimento - *Slump Test*, em cinco classes (conforme Tabela 2):

Tabela 2 - Classes de consistência.

Classe	Abatimento (slump em mm)	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	$\geq 220$	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras

Fonte NBR 8953/2015 - adaptado.

Quanto maior for o *slump* (consistência) do concreto, maior a facilidade de ser lançado e adensado, isso quer dizer que se há uma boa trabalhabilidade. Em relação aos valores de abatimento, irá depender do tipo de uso do concreto.

Essa norma, citada anteriormente, define as classes de resistência do concreto, os requisitos de durabilidade, as exigências de controle de qualidade e as metodologias de ensaio para garantir que o concreto utilizado na construção apresente características adequadas de resistência e durabilidade. Possuindo, então, o objetivo de garantir a segurança e a durabilidade das edificações, evitando possíveis patologias e riscos à saúde e à vida dos usuários.

### ***Slump test*, como fazer?**

Apesar do *slump test* ser um ensaio relativamente simples que pode ser realizado no próprio canteiro de obras, você ou quem for fazer, deve ter os materiais necessários e seguir o passo a passo á risca, acompanhe a seguir:

#### **Checklist de materiais:**

- Molde com tronco cônico de metal;
- Haste metálica para compactação do concreto;

- Régua metálica graduada em centímetros;
- Superfície plana e nivelada para apoiar o molde.

Conforme Figura 15, pode-se ver como é analisado a medida de abatimento do cimento.

**Passo 01:** coloque o molde tronco-cônico sobre uma superfície plana e nivelada, de forma que a base maior fique apoiada firmemente no solo.

**Passo 02:** molhe as paredes internas do molde com água limpa, sem encharcar.

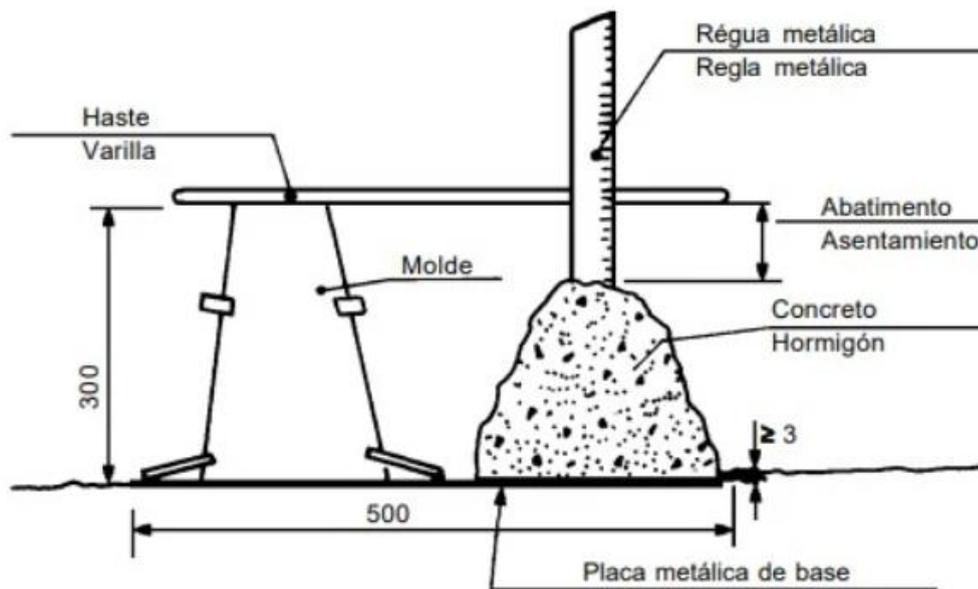
**Passo 03:** preencha o molde com o concreto a ser testado, em três camadas iguais, compactando cada camada com 25 golpes de haste metálica. Os golpes devem ser uniformemente distribuídos ao longo da superfície do concreto.

**Passo 04:** posteriormente a última camada, nivele a superfície do concreto com a haste metálica e limpe o excesso de concreto ao redor do molde.

**Passo 05:** remova o molde de forma vertical, sem sacudir ou mover o concreto. O processo deve ser realizado de 5 a 10 segundos.

**Passo 06:** meça a altura do abatimento do concreto com uma régua metálica, a partir da altura original do molde até o ponto mais alto da superfície do concreto.

Figura 15 - Medida do abatimento do cimento.



Dimensões em mm

Fonte: NBR NM 67/1998.

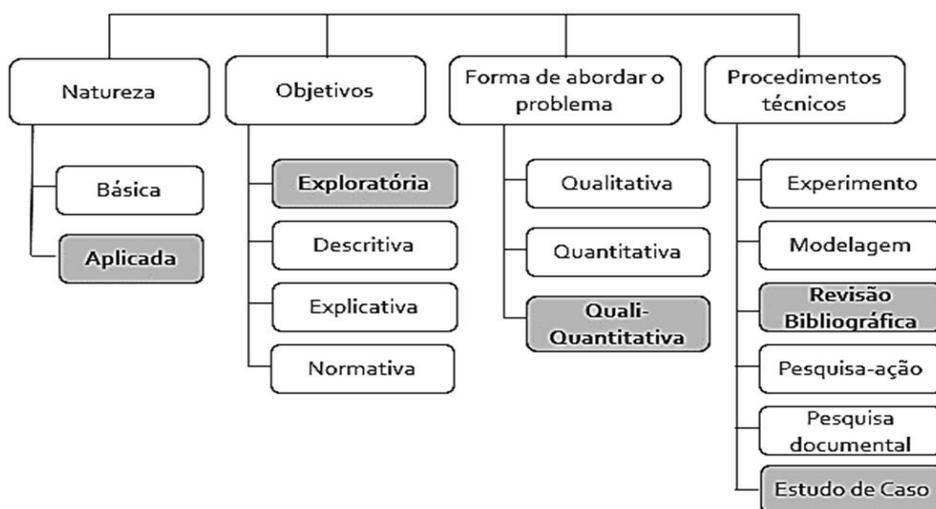
**Passo 07:** compare o valor obtido com os valores especificados em normas técnicas, como a NBR 8953/2015, para avaliar se o concreto apresenta a consistência desejada para o uso na obra.

O tempo para realização do *slump test* é crucial, deve ser realizado sem interrupções e finalizar-se em 150 segundos, visto que o concreto fresco é uma mistura com tempo de trabalho limitado, logo, é importante não atrasar o início da moldagem após a mistura e seguir as orientações do fornecedor do concreto.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico utilizado nesse trabalho foi da pesquisa bibliográfica e o estudo de caso - de natureza aplicada, objetivo exploratório e abordagem ao problema quali-quantitativa, conforme Figura 16. Desta forma, buscase utilizar os clichês, material doado por uma empresa de embalagem da região. Os clichês são utilizados em seu processo de impressão.

Figura 16 - Estrutura metodológica da pesquisa.



Fonte – Baseado em Gil (2022).

#### 3.1 Materiais

Será utilizado nessa pesquisa o cimento CSN CPII + areia + Clichês (fotopolímero) + água.

O teste *Slump* não será necessário ser realizado pois não usaremos nenhum agregado junto a mistura de cimento + Areia + água.

Para a confecção dos corpos de prova, será utilizado um tubo PVC na dimensão de 2" bipartido, no qual, sua dimensão foi adequada devido a capacidade do equipamento que foi utilizado para a realização dos ensaios. Serão confeccionados 45 corpos de prova, abrangendo as variáveis:

5 cdp's de cimento + água + areia;

5 cdp's de cimento + água + areia + % mínima de fotopolímero

5 cdp's de cimento + água + areia + % máxima de fotopolímero

Os períodos para a cura dos cdp's serão de 7, 14 e 28 dias, sendo assim totalizando 45 cdp's.

Para a realização do teste de compressão utilizaremos o equipamento em uma instituição parceira.

### 3.2 Metodologia

A metodologia utilizada foi o experimento prático. O teste Slump não será necessário pois não utilizaremos o agregado tipo brita.

Etapa 1 - Realizamos a moagem do fotopolímero para reduzir o tamanho do fotopolímero.

Foi utilizado um moinho industrial com capacidade de 10kg (nas dependências da FATEC), conforme Figura 17.

Figura 17 – Moinho industrial.



Fonte: Próprio autor.

Os clichês foram moídos, para facilitar sua mistura ao cimento, conforme Figura 18.

Figura 18 - Clichês Moídos.



Fonte: Próprio autor.

Etapa 2 - Preparo da mistura para a fabricação dos corpos de prova. Respeitando a distribuição estabelecida após pesquisa em outros trabalhos de graduação e pós-graduação.

As dimensões do corpo de prova foram adaptadas para o equipamento de ensaio que usaremos para a realização do ensaio de compressão. Foram confeccionados corpo de prova nas dimensões de 50mm de diâmetro e 100mm de comprimento/altura. Sendo utilizado tubo PVC bipartido e presilha plástica para travamento do tubo, conforme Figura 19.

Figura 19 - Tubo de PVC bipartido com presilha plástica.



Fonte: Próprio autor.

Etapa 3 - Preenchimento dos tubos com a mistura preparada, conforme Figura 20.

Figura 20 - Preenchimento dos tubos.



Fonte: Próprio autor.

#### Etapa 4 - Rasamento.

Independentemente do método de adensamento utilizado, após o adensamento da última camada deve ser feito o rasamento da superfície com a borda do molde, empregando para isso uma régua metálica ou uma colher de pedreiro adequada. O rasamento iniciava pela parte central do topo, com movimentos de pequena amplitude de um lado para o outro, visando separar o agregado graúdo, deixando um excesso de argamassa para finalizar o topo, com aspecto liso e plano, conforme Figura 21.

Figura 21 - Rasamento.



Fonte: Próprio autor.

#### Etapa 5 - Processo de cura.

O processo de cura é colocar os corpos de prova totalmente secos dentro de um recipiente com água para que seja iniciado a contabilização dos períodos estabelecidos conforme Norma, conforme Figura 22. No trabalho foram definidos: 7 dias - 1.período; 14 dias - 2.período e 28 dias - 3.período. Os corpos de prova foram retirados do recipiente com água somente quando realizado o teste.

Figura 22 - Processo de cura.



Fonte: Próprio autor.

#### Etapa 6 - Realização dos testes de compressão

Os ensaios de compressão foram realizados em uma empresa parceira em São José dos Campos. O equipamento utilizado foi uma Prensa Hidráulica/Elétrica 100 T Dig. 220v/60hz, conforme Figura 23.

Figura 23 - Equipamento de ensaio de compressão.



Fonte: <https://solotest.com.br/produtos/prensa-hid-eletrica-100-t-dig-220v-60-hz-/1.501.220>

#### Etapa 7 - Análise dos resultados dos testes de compressão

Planilhar os dados obtidos nos ensaios nos respectivos períodos de cura e misturas, conforme Figura 24 a 26.

Figura 24 – CP em ensaio de compressão.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25 – CP com 15% de fotopolímero rompido.



Fonte: Próprio autor.

Figura 26 – CP sem adição rompido.



Fonte: Próprio autor.

Planilhar os dados obtidos nos ensaios nos respectivos períodos de cura e misturas.

Etapa 8 - Continuidade da análise da mistura com melhor performance no teste de compressão (Proposta de trabalho futuro).

A composição que apresentou o melhor resultado a resistência mecânica, será concretado uma área de tráfego leve, nas dependências da Fatec Pindamonhangaba, para avaliação do comportamento dessa mistura quando exposta ao sol e chuva. A área já foi definida e aprovada junto à Direção da Fatec e o Diretor de serviços.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos no ensaio destrutivo por compressão para cada uma das porcentagens de fotopolímero agregada ao cimento, areia e água, viabilizando sua utilização no segmento civil e principalmente, o descarte correto desses clichês.

Conforme a Tabela 3 foi possível observar que a mistura de concreto sem a adição do fotopolímero apresentou a melhor resistência à compressão nos 3 períodos de cura definido por Norma.

Tabela 3 – Resultados obtidos com os respectivos CPs e dias de cura.

<b>CP's sem adição</b> <b>1° TESTE - 7 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	360 Kgf
2° CP	380 Kgf
3° CP	330 Kgf
4° CP	313 Kgf
5° CP	424 Kgf

<b>CP's com 5% de adição de</b> <b>fotopolimero</b> <b>1° TESTE - 7 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	171 Kgf
2° CP	169 Kgf
3° CP	157 Kgf
4° CP	166 Kgf
5° CP	140 Kgf

<b>CP's com 10% de adição de</b> <b>fotopolimero</b> <b>1° TESTE - 7 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	57 Kgf
2° CP	82 Kgf
3° CP	60 Kgf
4° CP	100 Kgf
5° CP	78 Kgf

<b>CP's sem adição</b> <b>2° TESTE - 14 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	404 Kgf
2° CP	524 Kgf
3° CP	54 Kgf (CP danificado)
4° CP	513 Kgf
5° CP	435 Kgf

<b>CP's com 5% de adição de</b> <b>fotopolimero</b> <b>2° TESTE - 14 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	147 Kgf
2° CP	159 Kgf
3° CP	153 Kgf
4° CP	157 Kgf
5° CP	150 Kgf

<b>CP's com 10% de adição de</b> <b>fotopolimero</b> <b>2° TESTE - 14 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	105 Kgf
2° CP	84 Kgf
3° CP	127 Kgf
4° CP	111 Kgf
5° CP	66 Kgf

<b>CP's sem adição</b>	
<b>3° TESTE - 28 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	626 Kgf
2° CP	629 Kgf
3° CP	568 Kgf
4° CP	587 Kgf
5° CP	612 Kgf

<b>CP's com 5% de adição de fotopolimero</b>	
<b>3° TESTE - 28 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	270 Kgf
2° CP	248 Kgf
3° CP	291 Kgf
4° CP	214 Kgf
5° CP	207 Kgf

<b>CP's com 10% de adição de fotopolimero</b>	
<b>3° TESTE - 28 DIAS DE CURA</b>	
1° CP	74 Kgf
2° CP	99 Kgf
3° CP	123 Kgf
4° CP	89 Kgf
5° CP	123 Kgf

Fonte: O próprio autor.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta deste trabalho de conclusão de curso foi de identificar uma maneira de reutilização do material de fotopolímero, que hoje representa um problema quanto à seu descarte, através do segmento da construção civil.

Analisando os resultados obtidos, onde o concreto que apresentou uma maior resistência a compressão foi sem a adição do fotopolímero, mas sugerimos a realização dos ensaios com o fotopolímero com menores dimensões (ideal em forma de pó) para diminuir o espaçamento entre as partes moídas, aumentando a resistência a compressão.

## REFERÊNCIAS

NBR-5738: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto.

Rio de Janeiro, p 2- 8, 2015.

NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

Rio de Janeiro, p 2 – 4, 2018.

NASCIMENTO, C. André. Dissertação: Desenvolvimento de peças de concreto ecológico para pavimentação utilizando resíduos de Polipropileno (PP), p. 7 – 36, 2022.

<https://www.escolaengenharia.com.br/>. Acesso em: 05 de novembro de 2023.

<https://nelsoschneider.com.br/>. Acesso em: 11 de novembro de 2023.

<https://www.engemix.com.br/> . Acesso em: 12 de novembro de 2023.

<http://professor.pucgoias.edu.br/>. Acesso em: 17 de novembro de 2023.

<https://www.studocu.com>. Acesso em: 24 de novembro de 2023.

<http://metalengeconcretos.com.br>. Acesso em: 24 de novembro de 2023.