



INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CÂMPUS PIUMHI
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LUCAS ALVES BUENO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO
FEITO EM OBRAS PARA APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

PIUMHI-MG

2026

LUCAS ALVES BUENO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO
FEITO EM OBRAS PARA APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de engenharia civil, ofertado pelo Câmpus Piumhi do Instituto Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Thiago Pastre Pereira

PIUMHI-MG
2026

B928e Bueno, Lucas Alves.

Estudo comparativo entre concreto usinado e concreto feito em obra para aplicação na construção civil [manuscrito] / Lucas Alves Bueno. – 2026.

59 f. : il. color.

Orientador: Thiago Pastre Pereira.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* Piumhi, 2026.

1. Engenharia civil. 2. Concreto. 3. Construção civil. 4. Controle de qualidade. 5. Agregados (Materiais de construção). I. Pereira, Thiago Pastre. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Piumhi. III. Título.

CDD 620.137

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Piumhi
Diretoria de Ensino
Docentes Campus Piumhi
Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi - MG
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS ALVES BUENO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO
FEITO EM OBRA PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado(a) em 11 de junho de 2026, pela Banca Examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Pastre Pereira, Professor**, em 11/06/2026, às 19:44, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Germano de Oliveira Mattosinho, Professor**, em 11/06/2026, às 21:00, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Stella Maria Gomes, Professora**, em 12/06/2026, às 09:32, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2746754** e o código CRC **E4B15BC0**.

23715.000399/2026-15

2385046v1

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sempre me ajudar, me dar força e saúde para enfrentar todos os desafios.

A minha família, pelo apoio, incentivo e compreensão e por estarem ao meu lado sempre.

Ao meu professor e orientador Thiago Pastre Pereira, agradeço pela orientação, paciência, ensinamentos e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho. Sua contribuição foi fundamental para a conclusão desta etapa.

Aos meus professores do IFMG, agradeço pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio ao longo da graduação.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada.

RESUMO

Na construção civil, o concreto é um dos materiais estruturais mais utilizados devido à sua resistência, durabilidade e versatilidade de aplicação. Em obras de pequeno e médio porte, é comum a utilização tanto do concreto usinado quanto do concreto preparado diretamente no canteiro de obras. Nesse contexto, ainda existem discussões relacionadas às diferenças de desempenho técnico, controle tecnológico e aspectos econômicos entre esses dois métodos de produção. Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta uma análise comparativa entre o concreto usinado e o concreto preparado na obra, considerando aspectos relacionados à resistência à compressão, consistência e desempenho econômico. O estudo foi desenvolvido com base no método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), utilizando traços projetados para resistências características de 20 MPa e 25 MPa. Foram realizados ensaios conforme normas técnicas brasileiras, além de análises comparativas utilizando dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Os resultados obtidos permitiram identificar diferenças relacionadas ao controle tecnológico, padronização da mistura e variabilidade operacional entre os métodos analisados. Observou-se que o concreto usinado apresentou maior uniformidade nos resultados de resistência, enquanto o concreto preparado na obra demonstrou potencial de aplicação em concretagens de pequeno porte, especialmente em situações com limitações logísticas e necessidade de redução de custos diretos. Dessa forma, o estudo contribui para discussões relacionadas à escolha do método de produção do concreto, considerando aspectos técnicos, econômicos e operacionais aplicados à construção civil.

Palavras-chave: engenharia civil; concreto; construção civil; controle de qualidade; agregados (materiais de construção).

ABSTRACT

Concrete is one of the most widely used structural materials in civil construction due to its strength, durability, and versatility of application. In small and medium-sized construction projects, both ready-mix concrete and concrete prepared directly on-site are commonly used. In this context, there are still ongoing discussions regarding the differences in technical performance, quality control, and economic aspects between these two production methods. This undergraduate thesis presents a comparative analysis between ready-mix concrete and concrete prepared on-site, considering aspects related to compressive strength, workability, and economic performance. The study was developed based on the mix design method proposed by the Brazilian Portland Cement Association (ABCP), using mixtures designed for characteristic compressive strengths of 20 MPa and 25 MPa. Tests were carried out according to Brazilian technical standards, in addition to comparative analyses using data from the National System for Research on Costs and Construction Indexes (SINAPI). The results obtained allowed the identification of differences related to technological control, mixture standardization, and operational variability between the analyzed methods. It was observed that ready-mix concrete presented greater uniformity in strength results, while concrete prepared on-site demonstrated potential application in small-scale concreting operations, especially in situations involving logistical limitations and the need to reduce direct costs. Therefore, this study contributes to discussions regarding the choice of concrete production methods, considering technical, economic, and operational aspects applied to civil construction.

Keywords: civil engineering; concrete; building construction; quality control; aggregates (construction materials).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 JUSTIFICATIVA	10
3 OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo geral.....	11
3.2 Objetivos específicos.....	11
4 REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1 Uso do concreto e sustentabilidade	12
4.2 Dosagem e métodos de mistura	13
4.3 Tipos de concreto: usinado e preparado na obra	15
4.4 Ensaio de qualidade	17
4.5 Método de dosagem ABCP	20
4.6 Aplicações práticas e limitações	21
4.7 Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil - SINAPI.....	23
5 METODOLOGIA.....	25
5.1 Abordagem geral	25
5.2 Definição do traço do concreto	25
5.3 Dimensionamento das padiolas	26
5.4 Medição da água	26
5.5 Procedimento de preparo do concreto na obra.....	26
5.6 Comparação com o concreto usinado	27
5.7 Ensaio de resistência a Compressão.....	28
5.8 Fluxograma da metodologia	29
6 RESULTADOS	31
6.1 Considerações.....	31
6.2 Dimensionamento dos traços pelo método ABCP	31
6.3 Dimensionamento das padiolas	34
6.4 Resultados dos ensaios de resistência à compressão.....	42
6.5 Análise Financeira	48
7 CONCLUSÕES.....	55
8 REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos pilares da construção civil moderna, sendo amplamente reconhecido por sua versatilidade, resistência e capacidade de atender a uma ampla gama de exigências estruturais e funcionais. No Brasil, onde o setor da construção civil desempenha um papel crucial na economia, movimentando milhões de toneladas de cimento, agregados e água anualmente, a escolha do método de produção do concreto torna-se um fator estratégico que impacta diretamente a qualidade, os custos e a sustentabilidade das obras. Tradicionalmente, a produção de concreto pode ser realizada por dois métodos principais: o concreto usinado, produzido em centrais especializadas com controle automatizado, e o concreto preparado na obra, executado manualmente ou com auxílio de equipamentos simples no canteiro de obras. Essa dualidade de abordagens reflete diferentes realidades construtivas, especialmente em um país de dimensões continentais como o Brasil, onde fatores como acesso a infraestrutura, escala da obra e disponibilidade de recursos locais influenciam significativamente as decisões técnicas e econômicas.

O concreto usinado, regulamentado por normas como a NBR 7212 (ABNT, 2012), destaca-se pela precisão na dosagem dos materiais, homogeneidade da mistura e redução de desperdícios, características que o tornam preferido em projetos de grande porte, como edifícios residenciais, viadutos e obras industriais. A automação presente nas concreteiras permite ajustes finos na relação água/cimento, controle rigoroso da granulometria dos agregados e incorporação de aditivos que otimizam propriedades como resistência e durabilidade. Dados da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) indicam que o uso de concreto usinado pode aumentar a eficiência em até 20% em comparação a métodos manuais, além de reduzir a dependência de mão de obra qualificada no local da obra, acelerando cronogramas e minimizando erros humanos. Contudo, esse método apresenta desvantagens significativas, como custos mais elevados devido ao transporte, especialmente em regiões remotas ou de difícil acesso, e a necessidade de infraestrutura logística para garantir a entrega no tempo e local adequados.

Por outro lado, o concreto preparado na obra oferece flexibilidade e autonomia, sendo uma alternativa viável para construções de pequeno e médio porte, reformas ou projetos em áreas onde o acesso a concreteiras é limitado. Esse método permite ajustes imediatos às condições locais, como a umidade dos agregados ou a disponibilidade de materiais, e pode reduzir custos associados ao transporte e à terceirização. No entanto, sua produção está sujeita

a variações na qualidade, dependendo da habilidade da equipe, do controle na dosagem e da homogeneidade da mistura. Estudos como os de Silva *et al.* (2018) apontam que, sem supervisão técnica rigorosa, o concreto preparado na obra pode apresentar reduções de até 20% na resistência à compressão devido a inconsistências na proporção dos componentes ou na adição excessiva de água. Apesar disso, com metodologias adequadas, como o método de dosagem da ABCP, é possível alcançar resultados satisfatórios, especialmente em contextos onde a economia é prioritária.

A relevância deste Trabalho de Conclusão de Curso reside na necessidade de fornecer subsídios técnicos para engenheiros e construtores, especialmente aqueles atuantes em regiões onde a infraestrutura de concreto usinado não está plenamente disponível. A comparação entre os dois métodos, usinado e preparado na obra, será realizada com base em parâmetros como resistência à compressão, consistência e análise de custos, utilizando traços projetados para resistências características de 20 MPa e 25 MPa, conforme o método da ABCP. Esses valores foram escolhidos por representarem demandas comuns em construções residenciais e comerciais de baixa e média complexidade, permitindo uma avaliação prática e aplicável ao cotidiano da engenharia civil.

Além disso, o estudo considera o contexto socioeconômico e ambiental do Brasil em 2025, onde a pressão por soluções sustentáveis e economicamente viáveis é crescente. A produção de concreto, embora essencial, está associada a impactos ambientais significativos, como a emissão de CO₂ na fabricação de cimento (cerca de 0,8 toneladas por tonelada de cimento, segundo o IPCC, 2019) e a extração intensiva de agregados naturais. Assim, a escolha entre concreto usinado e preparado na obra também pode ser vista sob a ótica da eficiência energética e da redução de pegada de carbono, especialmente em obras de menor escala, onde o controle de qualidade pode ser otimizado com ferramentas simples e treinamento adequado.

Diante desse cenário, o objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise comparativa detalhada entre o concreto usinado e o preparado na obra, investigando seu desempenho em ensaios laboratoriais e sua viabilidade econômica com base em dados atualizados, como os do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de outubro de 2025. Nesse contexto, este trabalho busca analisar qual dos métodos de produção do concreto apresenta melhor relação custo-benefício para obras de pequeno porte, considerando aspectos técnicos e econômicos. Também se discute até que ponto o controle manual na produção do concreto em obra pode alcançar padrões de qualidade próximos aos do concreto usinado, além de avaliar a influência de fatores como transporte, logística e condições regionais na escolha entre os dois métodos. Assim, os resultados obtidos pretendem contribuir

para a orientação de profissionais da área da construção civil, promovendo práticas mais eficientes e adequadas às diferentes realidades locais, além de colaborar para o desenvolvimento da engenharia civil com foco em soluções acessíveis e tecnicamente viáveis.

2 JUSTIFICATIVA

O concreto é amplamente reconhecido como o principal material empregado nas construções civis modernas, sendo responsável por grande parte das estruturas edificadas no Brasil e no mundo. Sua versatilidade, durabilidade e viabilidade econômica tornam-no indispensável em obras de diferentes portes (MEHTA; MONTEIRO, 2014). No entanto, o desempenho final do concreto está diretamente associado ao método de produção e ao controle tecnológico empregado durante o processo (HELENE; TERZIAN, 1993).

Segundo Neville (2016), a uniformidade e a resistência do concreto dependem da precisão na dosagem dos materiais e das condições de mistura, transporte e cura. Nesse contexto, o concreto usinado, produzido em centrais dosadoras automatizadas, apresenta vantagens significativas em termos de qualidade e controle de parâmetros técnicos. Estudos apontam que esse tipo de concreto proporciona maior homogeneidade e redução de variabilidade na resistência à compressão, quando comparado ao concreto produzido manualmente em canteiros de obra (SILVA; PEREIRA; LIMA, 2020).

Por outro lado, o concreto preparado diretamente na obra ainda é amplamente utilizado, especialmente em construções de pequeno porte ou em locais de difícil acesso logístico. Essa modalidade, embora apresente maior variabilidade nas propriedades mecânicas, pode ser economicamente mais viável e atender satisfatoriamente às exigências estruturais quando o controle de dosagem é rigorosamente observado (BAUER, 2011; CAVALCANTE; SANTOS, 2019).

Por outro lado, compreender comparativamente o comportamento entre o concreto usinado e o concreto preparado em obra é fundamental para auxiliar engenheiros e construtores na escolha da alternativa mais adequada às condições técnicas, econômicas e logísticas de cada projeto. Essa comparação possibilita avaliar o custo-benefício de cada método e promove o uso racional de recursos e a melhoria da qualidade das construções civis (SOUZA; RIPPER, 2009).

Portanto, este trabalho justifica-se pela necessidade de oferecer subsídios técnicos e econômicos para a escolha do método de produção de concreto mais adequado a diferentes realidades construtivas. A comparação entre concreto usinado e concreto preparado na obra permite compreender suas vantagens, limitações e aplicabilidades, promovendo o uso racional de recursos e a melhoria contínua da qualidade nas construções civis.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Realizar uma análise comparativa entre o concreto usinado e o concreto preparado na obra, considerando o desempenho técnico e econômico de ambos os métodos de produção, com foco na resistência à compressão, consistência, controle tecnológico e viabilidade operacional.

3.2 Objetivos específicos

- Aplicar o método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) na formulação dos traços de 20 MPa e 25 MPa para o concreto preparado na obra;
- Avaliar a consistência dos concretos por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone (*slump test*), conforme a NBR NM 67 (ABNT, 1998);
- Determinar a resistência à compressão dos concretos aos 28 dias, segundo a NBR 5739 (ABNT, 2018), comparando os resultados entre o concreto usinado e o concreto preparado na obra;
- Verificar as diferenças de desempenho entre os dois métodos de produção, considerando fatores como controle de qualidade, homogeneidade e influência de variações humanas no processo;
- Realizar uma análise de custos detalhada com base nos dados atualizados do SINAPI (2025), contemplando materiais, mão de obra e equipamentos;
- Identificar as vantagens e limitações práticas de cada método de produção, considerando aspectos logísticos e operacionais típicos de obras de pequeno e médio porte;

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil moderna, constituindo a base estrutural da maioria das edificações. Sua composição envolve cimento, agregados (miúdos e graúdos), água e, eventualmente, aditivos, cuja qualidade e desempenho dependem da dosagem e do controle de seus componentes. De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), o concreto deve atender a requisitos de resistência e durabilidade, sendo amplamente regulamentado por normas técnicas que garantem o desempenho estrutural das obras.

4.1 Uso do concreto e sustentabilidade

O emprego do concreto é fundamental na construção civil, sendo amplamente utilizado em obras de pequeno, médio e grande porte, em função de sua versatilidade, resistência mecânica, durabilidade e viabilidade econômica. Trata-se do material construtivo mais consumido no mundo, o que evidencia sua relevância estrutural e funcional nas mais diversas tipologias de edificações e obras de infraestrutura.

Entretanto, a elevada demanda por concreto implica impactos ambientais significativos, principalmente em decorrência da produção do cimento Portland, que é seu principal componente. O processo de fabricação do cimento envolve a calcinação do calcário em altas temperaturas, resultando na emissão expressiva de dióxido de carbono (CO_2), tanto pela queima de combustíveis quanto pela descarbonatação do calcário. De acordo com o IPCC (2019), a produção de cimento é responsável pela emissão de aproximadamente 0,8 toneladas de CO_2 para cada tonelada de material produzido, contribuindo de forma relevante para as emissões globais de gases de efeito estufa.

Diante desse cenário, a sustentabilidade na construção civil tem se tornado um tema central, impulsionando o desenvolvimento de práticas e tecnologias voltadas à redução dos impactos ambientais associados ao concreto. Entre essas estratégias, destaca-se o uso de materiais cimentícios suplementares, como escória de alto-forno, cinza volante e fíler calcário, que possibilitam a redução do teor de clínquer no cimento, diminuindo as emissões de CO_2 . Além disso, o uso de aditivos químicos permite otimizar o desempenho do concreto, reduzindo a relação água/cimento e, conseqüentemente, o consumo de cimento.

No contexto dos métodos de produção, o concreto usinado apresenta vantagens significativas do ponto de vista ambiental e tecnológico, uma vez que é produzido em centrais dosadoras com controle rigoroso de dosagem, homogeneidade e consumo de materiais. Esse controle contribui para a redução de desperdícios, melhor aproveitamento dos insumos e maior eficiência no uso de recursos naturais. Por outro lado, o concreto preparado na obra pode apresentar benefícios relacionados à utilização de agregados locais, reduzindo distâncias de transporte e consumo energético, além de possibilitar, em alguns casos, o reaproveitamento de materiais disponíveis no próprio canteiro (Gettu *et al.*, 2017).

Adicionalmente, a análise da sustentabilidade do concreto deve considerar não apenas sua produção, mas todo o seu ciclo de vida, incluindo etapas de execução, uso, manutenção e eventual demolição. Nesse sentido, concretos com maior durabilidade tendem a apresentar menor impacto ambiental ao longo do tempo, uma vez que reduzem a necessidade de intervenções e reconstruções. Conforme destacam Helene e Terzian (1992), o controle tecnológico é essencial para garantir que o concreto atinja as propriedades especificadas em projeto, assegurando desempenho adequado e vida útil prolongada, independentemente do método de produção adotado.

Portanto, a escolha entre concreto usinado e concreto preparado na obra deve considerar não apenas aspectos econômicos, mas também critérios técnicos e ambientais, buscando um equilíbrio entre desempenho, custo e sustentabilidade.

Nesse contexto, a sustentabilidade relacionada ao concreto não depende exclusivamente do tipo de produção adotado, mas também da eficiência do controle tecnológico e da racionalização do consumo de materiais. Estudos recentes indicam que concretos produzidos com controle adequado da relação água/cimento e menor índice de desperdício apresentam melhor desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida da estrutura. Logo, tanto o concreto usinado quanto o concreto preparado na obra podem apresentar vantagens e limitações ambientais, dependendo das condições de execução, transporte e controle dos materiais empregados.

4.2 Dosagem e métodos de mistura

A dosagem do concreto é o processo de definição quantitativa dos materiais constituintes — cimento, agregados miúdo e graúdo, água e, eventualmente, aditivos e adições minerais — com o objetivo de atender simultaneamente aos requisitos de resistência mecânica,

consistência, durabilidade e custo. Trata-se de uma etapa fundamental no controle tecnológico do concreto, pois influencia diretamente seu desempenho tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 12655 (2015), a dosagem deve ser realizada com base em critérios técnicos e experimentais, considerando a variabilidade dos materiais e as condições de execução da obra. Nesse contexto, a dosagem não deve ser entendida apenas como a definição de um traço fixo, mas como um processo iterativo, que envolve ensaios prévios, ajustes e verificação das propriedades desejadas.

Entre os métodos de dosagem mais utilizados no Brasil, destaca-se o da Associação Brasileira de Cimento Portland, que apresenta uma abordagem empírico-racional, sendo amplamente aplicado em obras de pequeno e médio porte. Esse método parte de parâmetros iniciais, como a resistência característica desejada (f_{ck}), a consistência especificada ($slump$) e as características dos materiais disponíveis, propondo um traço inicial que deve ser ajustado experimentalmente.

O método ABCP considera como parâmetros fundamentais a relação água/cimento (a/c), o teor de argamassa, a granulometria dos agregados e a massa específica dos materiais. A partir de traços básicos, como 1:2:3 (cimento:areia:brita), são realizados ajustes em função da umidade dos agregados, da absorção e da consistência requerida. A correta determinação do teor de argamassa é essencial para garantir a coesão e evitar a segregação da mistura, enquanto a distribuição granulométrica influencia diretamente a compactidade e o consumo de cimento.

A relação água/cimento (a/c) é o principal parâmetro de controle da resistência e da durabilidade do concreto. Segundo Adam Neville (2011), a resistência à compressão do concreto é inversamente proporcional à relação a/c , sendo que valores mais baixos resultam em concretos mais resistentes e menos permeáveis. No entanto, a redução excessiva dessa relação pode comprometer a consistência, exigindo o uso de aditivos plastificantes ou superplastificantes. Para concretos com f_{ck} entre 20 MPa e 25 MPa, são usualmente adotadas relações a/c entre 0,45 e 0,65, ajustadas conforme as condições de lançamento e adensamento.

Outro parâmetro relevante é o consumo de cimento, que influencia tanto a resistência quanto a durabilidade do concreto. Valores típicos entre 300 e 350 kg/m³ são frequentemente adotados para concretos nessa faixa de resistência, conforme indicado em métodos empíricos como o da ABCP. Entretanto, o aumento do teor de cimento deve ser analisado com cautela, uma vez que pode elevar o custo, aumentar a retração e intensificar o impacto ambiental do concreto.

No que se refere aos métodos de mistura, estes podem ser classificados em manual e mecanizado. A mistura manual, ainda presente em obras de pequeno porte, apresenta limitações quanto à homogeneidade e à repetibilidade do traço, podendo resultar em variações significativas nas propriedades do concreto. Já a mistura mecanizada, realizada em betoneiras ou em centrais dosadoras (no caso do concreto usinado), proporciona maior uniformidade, melhor dispersão dos materiais e maior controle sobre o processo produtivo.

No concreto usinado, a produção ocorre em ambiente industrial, com controle rigoroso das proporções, umidade dos agregados e tempo de mistura, garantindo maior padronização e qualidade. Por outro lado, no concreto preparado na obra, a dosagem e a mistura estão mais sujeitas a variações operacionais, como erros de medição, variação de umidade dos agregados e tempo inadequado de mistura, o que pode comprometer o desempenho final do material.

A variabilidade dos processos de mistura representa um dos principais fatores que influenciam a qualidade do concreto produzido em obra. Enquanto o concreto usinado apresenta maior padronização devido ao controle automatizado das centrais dosadoras, o concreto preparado no canteiro está mais sujeito a alterações relacionadas à medição empírica dos materiais, umidade dos agregados e tempo de mistura. Nesse sentido, diversos estudos apontam que o controle tecnológico assume papel fundamental na redução da dispersão dos resultados de resistência à compressão, especialmente em concretos produzidos fora de ambiente industrial.

Dessa forma, a dosagem e o método de mistura são etapas interdependentes e determinantes para a qualidade do concreto, sendo indispensável a aplicação de procedimentos de controle tecnológico e a realização de ensaios de verificação, especialmente em estudos comparativos entre concreto usinado e concreto preparado na obra.

4.3 Tipos de concreto: usinado e preparado na obra

O concreto usinado é produzido em centrais dosadoras, com controle automatizado das etapas de dosagem, mistura e transporte, conforme estabelece a Associação Brasileira de Normas Técnicas por meio da NBR 7212 (2012). Esse tipo de concreto apresenta elevada padronização, sendo amplamente utilizado em obras de médio e grande porte, onde há maior exigência de controle tecnológico, produtividade e desempenho estrutural.

Entre as principais vantagens do concreto usinado destacam-se a homogeneidade da mistura, o controle rigoroso das proporções dos materiais e a redução de desperdícios no

canteiro. Além disso, o uso de sistemas automatizados permite o controle preciso da relação água/cimento (a/c), fator diretamente relacionado à resistência e durabilidade. Conforme Paulo Helene (2003), a redução da relação a/c contribui para a diminuição da porosidade e o aumento da resistência do concreto.

Do ponto de vista econômico, o custo do concreto usinado é composto por diversos fatores, incluindo o preço dos materiais (cimento, agregados e aditivos), custo operacional da central, transporte até a obra (frete), bombeamento (quando necessário) e eventuais perdas relacionadas ao tempo de descarga. Apesar de apresentar custo unitário mais elevado, sua utilização pode resultar em economia indireta, devido à redução de mão de obra, maior velocidade de execução e menor retrabalho.

Em relação ao tempo de produção, o concreto usinado apresenta grande vantagem, especialmente em obras com volumes elevados, pois permite o lançamento contínuo e maior produtividade. No entanto, depende de logística eficiente, sendo sensível a atrasos no transporte e às condições de acesso ao local da obra.

Por outro lado, o concreto preparado na obra é produzido diretamente no canteiro, por meio de betoneiras ou, em alguns casos, de forma manual. Seu custo é composto principalmente pelos materiais, mão de obra, equipamentos e eventuais perdas por desperdício. Em geral, apresenta custo inicial menor, especialmente em obras de pequeno porte, onde o volume de concreto não justifica a mobilização de caminhões betoneira.

Entretanto, o concreto preparado na obra apresenta limitações importantes, como menor controle sobre a dosagem, maior variabilidade das propriedades e dependência da qualificação da equipe. Conforme P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (2006), variações na proporção dos materiais e na umidade dos agregados podem comprometer significativamente a resistência e a durabilidade do concreto, caso não haja controle adequado.

Estudos comparativos existentes na literatura indicam que o concreto usinado tende a apresentar melhor desempenho mecânico e menor variabilidade nos resultados, enquanto o concreto preparado na obra pode apresentar maior dispersão de resistência. Pesquisas como as de Silva *et al.* (2018) apontam que, embora o concreto preparado na obra possa ser mais econômico em determinadas situações, seu desempenho depende fortemente do controle tecnológico adotado, podendo apresentar reduções de resistência quando executado sem rigor técnico.

A escolha entre concreto usinado e concreto preparado na obra também é influenciada pela localidade e pelo tipo de obra. Em regiões urbanas, com fácil acesso a centrais dosadoras, o concreto usinado tende a ser mais viável, especialmente em obras de maior porte ou que

demandam rapidez de execução. Já em áreas rurais ou de difícil acesso, o concreto preparado na obra pode ser mais adequado, devido às limitações logísticas de transporte. Além disso, obras de pequeno porte, como residências unifamiliares, frequentemente utilizam concreto produzido no local, enquanto obras estruturais mais complexas tendem a adotar concreto usinado.

Sendo assim, a escolha do tipo de concreto deve considerar uma análise integrada de fatores técnicos, econômicos e logísticos, incluindo custo direto e indireto, tempo de execução, disponibilidade de materiais, acesso à obra e nível de controle tecnológico. Essa análise é fundamental para garantir a viabilidade e o desempenho adequado da estrutura, sendo também um dos principais focos deste trabalho ao comparar concretos usinados e preparados na obra.

Embora o concreto usinado apresente maior uniformidade e controle das propriedades no estado fresco e endurecido, pesquisas demonstram que concretos preparados diretamente na obra podem alcançar desempenhos satisfatórios quando executados com dosagem adequada e acompanhamento técnico. Dessa forma, a diferença entre os métodos de produção não está relacionada apenas à resistência mecânica final, mas também à variabilidade operacional, à qualificação da mão de obra e às condições de execução presentes em cada realidade construtiva.

4.4 Ensaios de qualidade

O controle tecnológico do concreto consiste no conjunto de procedimentos adotados para garantir que o material atenda às especificações de projeto, desde a seleção dos materiais até a verificação de suas propriedades no estado fresco e endurecido. Esse controle é essencial para assegurar a qualidade, a durabilidade e o desempenho estrutural das construções.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 12655 (2015), o concreto deve ser produzido, transportado, lançado e controlado de forma a atender aos requisitos de resistência, durabilidade e consistência estabelecidos em projeto. Nesse contexto, o controle tecnológico envolve tanto o controle dos materiais constituintes quanto a verificação das propriedades do concreto por meio de ensaios padronizados.

No estado fresco, o principal ensaio utilizado é o de abatimento do tronco de cone (*slump test*), conforme a NBR NM 67 (1998), que avalia a consistência do concreto. Esse parâmetro está diretamente relacionado à facilidade de lançamento, adensamento e acabamento do material. Valores típicos de abatimento variam conforme o tipo de aplicação, sendo

usualmente adotadas faixas entre 8 cm e 12 cm para elementos estruturais convencionais, como vigas e lajes.

Além da consistência, o controle tecnológico também deve considerar aspectos como homogeneidade, coesão e ausência de segregação, que influenciam diretamente o desempenho do concreto após o endurecimento. Esses fatores estão associados à dosagem adequada dos materiais e ao correto processo de mistura, sendo particularmente críticos em concretos preparados na obra, onde há maior variabilidade operacional.

No estado endurecido, o principal parâmetro de controle é a resistência à compressão, determinada por meio de ensaios realizados em corpos de prova cilíndricos, conforme a NBR 5738 (2015) e a NBR 5739 (2018). Esses corpos de prova são moldados durante a execução da obra e submetidos à cura controlada, sendo rompidos, geralmente, aos 28 dias, idade de referência para verificação da resistência característica (f_{ck}).

Entretanto, o controle tecnológico do concreto não se limita à realização de ensaios. Ele também envolve o acompanhamento sistemático das variáveis de produção, como a umidade dos agregados, a massa específica dos materiais, a relação água/cimento e o consumo de cimento. Esses parâmetros são fundamentais nos métodos de dosagem, como o da Associação Brasileira de Cimento Portland, que utiliza valores estimados e ajustados experimentalmente para definição do traço.

Nesse contexto, a adoção de valores estimados para propriedades como massa específica dos agregados e teor de umidade pode introduzir variações nos resultados, especialmente quando não há controle rigoroso desses parâmetros em campo. Conforme destacam P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (2006), a variabilidade dos materiais é um dos principais fatores que influenciam a resistência e a durabilidade do concreto, sendo indispensável o controle contínuo para minimizar desvios em relação ao desempenho esperado.

Além disso, a confiabilidade dos ensaios depende diretamente da calibração dos equipamentos e da correta execução dos procedimentos. Segundo Lopes e Ferreira (2020), falhas em equipamentos, como prensas de compressão descalibradas, podem resultar em erros significativos na determinação da resistência, comprometendo a avaliação da qualidade do concreto.

Portanto, o controle tecnológico do concreto deve ser entendido como um processo integrado, que envolve desde a caracterização dos materiais até a análise dos resultados dos ensaios, sendo fundamental para garantir a qualidade do concreto produzido. Esse controle torna-se ainda mais relevante em estudos comparativos, como o presente trabalho, nos quais

diferenças nos procedimentos de dosagem e produção, como no caso do concreto usinado e do concreto preparado na obra, podem influenciar diretamente os resultados obtidos.

Além da execução dos ensaios, a interpretação dos resultados obtidos também possui grande relevância no controle tecnológico do concreto. Pequenas variações nos valores de resistência podem estar associadas a fatores como diferenças na umidade dos agregados, falhas de adensamento, alterações na relação água/cimento ou até mesmo condições inadequadas de cura. Dessa forma, os ensaios laboratoriais devem ser analisados em conjunto com os procedimentos executivos adotados durante a produção do concreto.

O concreto é um material composto constituído por cimento, agregados miúdos e graúdos, água e, eventualmente, aditivos e adições minerais, cuja qualidade e desempenho dependem diretamente da adequada dosagem e da interação entre seus componentes. O cimento atua como ligante hidráulico, responsável pela coesão da mistura, enquanto os agregados compõem a maior parte do volume, influenciando propriedades como resistência, módulo de elasticidade e durabilidade. A água, por sua vez, é essencial para o processo de hidratação do cimento, sendo também determinante na consistência da mistura.

A relação entre esses materiais deve ser cuidadosamente controlada, uma vez que pequenas variações na proporção dos componentes podem resultar em alterações significativas nas propriedades do concreto. Nesse contexto, a relação água/cimento (a/c) é considerada o principal parâmetro de controle, pois está diretamente associada à porosidade da matriz cimentícia e, conseqüentemente, à resistência mecânica e à durabilidade do material. Relações a/c mais elevadas tendem a aumentar a consistência, porém resultam em concretos mais porosos e menos resistentes.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 12655 (2015), o concreto deve atender a requisitos específicos de resistência, durabilidade e consistência, definidos em função das condições de exposição e do tipo de estrutura. A norma estabelece diretrizes para produção, transporte, lançamento e controle do concreto, reforçando a necessidade de um controle tecnológico adequado em todas as etapas do processo construtivo.

Além dos requisitos mecânicos, a durabilidade do concreto tem papel fundamental no desempenho das estruturas, estando relacionada à sua capacidade de resistir à ação de agentes agressivos ao longo do tempo, como umidade, variações térmicas, ataques químicos e processos de carbonatação. Nesse sentido, a escolha adequada dos materiais, a correta dosagem e o controle da execução são fatores determinantes para garantir a vida útil da estrutura.

Outro aspecto relevante é a influência das propriedades dos agregados, como granulometria, forma, textura superficial e absorção de água, que impactam diretamente a

compacidade da mistura e o consumo de cimento. A utilização de aditivos químicos, como plastificantes e superplastificantes, também tem se tornado prática comum, permitindo a melhoria da consistência sem aumento significativo da relação água/cimento, contribuindo para o desempenho do concreto.

4.5 Método de dosagem ABCP

O método de dosagem proposto pela Associação Brasileira de Cimento Portland consiste em uma abordagem empírico-racional amplamente utilizada no Brasil para definição de traços de concreto, especialmente em obras de pequeno e médio porte. Desenvolvido inicialmente em 1984, o método tem como principal característica a simplicidade de aplicação aliada à possibilidade de ajustes experimentais, permitindo sua adaptação às condições locais de materiais e execução.

A metodologia baseia-se na determinação de um traço inicial a partir de parâmetros previamente definidos, como a resistência característica do concreto (f_{ck}), a consistência desejada (*slump*) e as características dos materiais disponíveis. A partir desses dados, são utilizadas tabelas e curvas de dosagem que auxiliam na definição da relação água/cimento, do teor de argamassa e da proporção entre agregados miúdos e graúdos.

Um dos princípios fundamentais do método ABCP é a busca pela máxima compacidade da mistura, ou seja, a redução dos vazios entre os agregados, o que contribui para a diminuição do consumo de cimento e melhoria das propriedades mecânicas do concreto. Para isso, o método considera a distribuição granulométrica dos agregados e propõe ajustes na proporção areia/brita, visando obter uma mistura mais densa e homogênea.

O processo de dosagem pelo método ABCP pode ser resumido nas seguintes etapas:

- definição da resistência característica (f_{ck}) e da consistência desejada (*slump*);
- escolha da dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- estimativa da relação água/cimento com base em tabelas empíricas;
- determinação do consumo de água em função da consistência;
- cálculo do consumo de cimento a partir da relação a/c;
- definição do teor de agregados e proporção entre areia e brita;
- ajuste do traço em função da umidade dos agregados e verificação experimental.

Essas etapas evidenciam que o método não se limita a uma proporção fixa (como 1:2:3), mas envolve um processo iterativo de ajuste, no qual os valores iniciais devem ser verificados por meio de ensaios práticos, como o abatimento do tronco de cone e a moldagem de corpos de prova.

Outro aspecto relevante do método é a utilização de parâmetros estimados, como massa específica dos materiais e teor de umidade dos agregados. Embora esses valores possam ser obtidos por meio de ensaios laboratoriais, na prática de obras de pequeno porte é comum a adoção de valores tabelados, o que pode introduzir variações no traço final. Esse fator reforça a importância do controle tecnológico, especialmente quando se busca maior precisão nos resultados.

Comparado a métodos mais rigorosos, como o desenvolvido pelo IPT/EPUSP, que se baseia em ensaios laboratoriais mais detalhados e maior controle das variáveis, o método ABCP apresenta como principal vantagem a facilidade de aplicação e menor custo operacional. Por outro lado, essa simplicidade pode resultar em menor precisão, sobretudo quando não há verificação experimental adequada.

Consequentemente, o método ABCP se mostra uma ferramenta eficiente e amplamente aplicável, desde que acompanhado de ajustes práticos e controle tecnológico, sendo especialmente relevante para este estudo, que envolve a comparação entre concretos produzidos em obra e concretos usinados, nos quais as condições de controle e execução diferem significativamente.

A aplicação prática do método ABCP demonstra que a obtenção de concretos com desempenho satisfatório depende não apenas da definição teórica do traço, mas também da correta execução das etapas de dosagem, mistura e controle dos materiais. Em concretos preparados na obra, pequenas alterações no volume dos agregados, no teor de umidade ou na quantidade de água adicionada podem gerar variações significativas na resistência à compressão. Por esse motivo, o método exige constante verificação experimental, principalmente em situações nas quais não há controle automatizado do processo produtivo.

4.6 Aplicações práticas e limitações

A escolha entre concreto usinado e concreto preparado na obra está diretamente relacionada ao tipo de empreendimento, às condições de execução e ao nível de controle tecnológico exigido. O concreto usinado é amplamente utilizado em obras de médio e grande

porte, como edifícios e estruturas de maior responsabilidade, devido à necessidade de uniformidade, controle de qualidade e produtividade. Normas internacionais, como o ACI 318 (2019), enfatizam a importância do controle rigoroso dos materiais e da produção do concreto, especialmente em estruturas sujeitas a maiores solicitações.

Por outro lado, o concreto preparado na obra é frequentemente adotado em construções de pequeno porte, como residências unifamiliares, onde a logística de fornecimento de concreto usinado pode ser limitada ou economicamente inviável. No entanto, sua utilização exige maior atenção quanto à qualificação da mão de obra e ao controle dos materiais, uma vez que a ausência de padronização pode resultar em variações significativas nas propriedades do concreto.

Nesse contexto, Paulo Helene e Eduardo Terzian (1992) destacam que a falta de controle tecnológico adequado pode comprometer o desempenho do concreto, especialmente em estruturas sujeitas a cargas elevadas, sendo indispensável a realização de ensaios e o acompanhamento técnico durante a execução.

Além disso, a literatura técnica aponta que a confiabilidade do concreto está diretamente associada ao nível de controle adotado durante sua produção. Conforme P. Kumar Mehta e Paulo J. M. Monteiro (2006), concretos produzidos em condições controladas tendem a apresentar menor variabilidade e melhor desempenho ao longo do tempo, enquanto concretos produzidos sem controle adequado estão mais sujeitos a falhas e perda de durabilidade.

Logo, embora o concreto preparado na obra possa apresentar desempenho satisfatório quando executado com controle tecnológico adequado, o concreto usinado tende a oferecer maior confiabilidade, especialmente em contextos que exigem padronização e rigor técnico. Essa base teórica fundamenta a análise comparativa desenvolvida neste trabalho, permitindo avaliar, à luz dos resultados obtidos, as vantagens e limitações de cada método de produção.

Assim, a escolha entre concreto usinado e concreto preparado na obra deve ser realizada considerando não apenas aspectos relacionados ao custo direto do material, mas também fatores associados à produtividade, controle tecnológico, logística de fornecimento e disponibilidade de mão de obra qualificada. Em determinadas situações, concretos produzidos em obra podem apresentar desempenho adequado para aplicações estruturais convencionais, desde que executados com acompanhamento técnico e controle mínimo das variáveis de produção.

4.7 Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil - SINAPI

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é uma base de dados utilizada como referência para estimativas de custos na construção civil no Brasil. Desenvolvido pela Caixa Econômica Federal em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o sistema apresenta composições de custos unitários para serviços e insumos, incluindo materiais, mão de obra e equipamentos.

O SINAPI é amplamente utilizado em obras públicas e privadas, sendo referência obrigatória para orçamentos de obras financiadas com recursos federais. Seus dados são atualizados mensalmente e organizados por unidade da federação, permitindo a adaptação dos custos às condições regionais de mercado.

No contexto da produção de concreto, o SINAPI disponibiliza composições tanto para concreto usinado quanto para concreto preparado na obra, possibilitando a comparação entre os custos diretos de cada método. Essas composições consideram variáveis como consumo de materiais (cimento, areia, brita, água), produtividade da mão de obra, utilização de equipamentos (betoneira, vibrador, entre outros) e encargos sociais.

Além disso, o SINAPI permite avaliar o custo-benefício das diferentes formas de produção de concreto, uma vez que contempla não apenas o custo dos insumos, mas também os custos indiretos associados à execução. No caso do concreto preparado na obra, por exemplo, são considerados fatores como maior consumo de mão de obra e possíveis perdas de material. Já no concreto usinado, destacam-se custos relacionados ao transporte e à logística de fornecimento.

Outro aspecto relevante é a influência da localização geográfica nos custos apresentados pelo SINAPI. Como os valores são regionalizados, diferenças no preço dos materiais, disponibilidade de fornecedores e condições logísticas podem impactar diretamente a viabilidade econômica do concreto usinado ou preparado na obra. Dessa forma, a análise de custos deve sempre considerar a região onde a obra está inserida.

Assim, o SINAPI constitui uma ferramenta fundamental para a análise econômica deste trabalho, permitindo a comparação entre os custos do concreto usinado e do concreto preparado na obra, contribuindo para a avaliação do custo-benefício entre os métodos de produção.

Entretanto, a análise econômica do concreto não deve ser limitada apenas aos custos diretos apresentados nas composições unitárias. Aspectos relacionados à produtividade, tempo de execução, perdas de materiais e retrabalho também influenciam significativamente o desempenho econômico final da obra. Dessa Em razão disso, a utilização dos dados do SINAPI

permite uma análise comparativa mais ampla entre os métodos de produção, considerando tanto fatores financeiros quanto operacionais.

5 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho foi desenvolvida com o objetivo de comparar, de forma sistemática e controlada, o desempenho do concreto usinado e do concreto preparado na obra. O estudo baseou-se em procedimentos experimentais realizados no Laboratório de Materiais de Construção do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – Câmpus Piumhi, utilizando ensaios normalizados e técnicas de dosagem amplamente reconhecidas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

5.1 Abordagem geral

O método utilizado foi de natureza quantitativa experimental, com ênfase na coleta e análise de dados obtidos em ensaios laboratoriais. A pesquisa foi conduzida por meio da comparação direta entre os dois tipos de concreto (usinado e preparado em obra), considerando os três parâmetros principais: resistência a compressão, consistência e custos.

O estudo foi dividido em etapas sequenciais que garantiram a reprodutividade e a confiabilidade dos resultados, conforme descrito a seguir.

5.2 Definição do traço do concreto

O traço do concreto preparado na obra foi elaborado com base no método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que estabelece proporções adequadas entre os materiais (cimento, areia, brita e água) para atingir as resistências desejadas. Foram definidos dois traços distintos:

- Traço 1 (25 MPa): Proporcionado para atingir uma resistência característica à compressão de 25 MPa.
- Traço 2 (20 MPa): Proporcionado para atingir uma resistência característica à compressão de 20 MPa.

Ambos os traços foram calculados considerando o uso de um saco de cimento (50 kg) como unidade base, garantindo praticidade e padronização na dosagem dos materiais na obra.

5.3 Dimensionamento das padiolas

Para a execução do concreto na obra, foi necessário o dimensionamento de padiolas, que são recipientes utilizados para medir os materiais secos (areia e brita). Foram confeccionadas quatro padiolas, divididas da seguinte forma:

- Para o traço de 25 MPa:
 - Uma padiola destinada à medição da areia.
 - Uma padiola destinada à medição da brita.
- Para o traço de 20 MPa:
 - Uma padiola destinada à medição da areia.
 - Uma padiola destinada à medição da brita.

O dimensionamento das padiolas foi realizado com base nos volumes estabelecidos pelo método ABCP, garantindo que as proporções dos materiais fossem respeitadas de acordo com os traços definidos. Cada padiola foi projetada para conter a quantidade exata de material necessária para um saco de cimento, facilitando a dosagem no canteiro de obra.

5.4 Medição da água

A água foi medida utilizando um balde com capacidade de 20 litros, previamente calibrado para garantir precisão na dosagem. A quantidade de água foi determinada conforme as proporções estabelecidas pelo método ABCP para cada traço, considerando a relação água/cimento adequada para atingir as resistências de 20 MPa e 25 MPa.

5.5 Procedimento de preparo do concreto na obra

O concreto foi preparado no canteiro de obras, com o uso de betoneira de 400 litros, seguindo as proporções definidas pelos traços previamente estabelecidos. A produção foi realizada por uma equipe de trabalhadores, sob supervisão, garantindo a execução das etapas de dosagem, mistura e lançamento do concreto.

O preparo ocorreu nas datas, 22/07/2025 e 25/07/2025, sendo o de 25 MPa no dia 22 e o de 20 MPa no dia 25 de forma a possibilitar a comparação com o concreto usinado, produzido em período próximo, conforme apresentado no item 5.6. O procedimento envolveu as seguintes etapas:

1. Medição dos materiais secos (areia e brita) utilizando as padiolas correspondentes a cada traço.

2. Adição do cimento (um saco de 50 kg por batida).

3. Medição da água com o balde de 20 litros.

4. Inicialmente, foi adicionada à betoneira aproximadamente metade da água de amassamento, seguida da inserção do agregado graúdo (brita). Em seguida, foram adicionados o cimento e o agregado miúdo (areia), mantendo a betoneira em funcionamento contínuo. Posteriormente, o restante da água foi incorporado de forma gradual, com o objetivo de ajustar a consistência. O tempo de mistura adotado foi de aproximadamente 3 a 5 minutos por batelada, contado a partir da introdução completa dos materiais, garantindo a adequada homogeneização do concreto. Durante esse período, observou-se a consistência visual da mistura, verificando a ausência de segregação e a adequada coesão entre os materiais.

5. Verificação da consistência do concreto por meio do ensaio de abatimento (*slump test*), conforme norma NBR NM 67 (ABNT, 1998).

5.6 Comparação com o concreto usinado

O concreto usinado foi solicitado a uma empresa concreteira certificada, localizada na cidade de Passos/MG, sendo fornecido no período de 22/07/2025 a 24/07/2025.

Foram solicitados concretos com resistências características de 20 MPa e 25 MPa, com traços definidos pela central dosadora, seguindo os procedimentos de controle tecnológico adotados pela empresa, conforme diretrizes da Associação Brasileira de Normas Técnicas por meio da NBR 7212 (2012).

O concreto foi entregue por meio de caminhão betoneira, sendo transportado até o local de aplicação e descarregado dentro do tempo recomendado, de modo a preservar suas propriedades no estado fresco.

Foram realizados ensaios comparativos para avaliar:

- Resistência à compressão: Corpos de prova cilíndricos foram moldados para ambos os tipos de concreto (usinado e preparado na obra) e ensaiados aos 28 dias, conforme a NBR 5739 (ABNT).

- Consistência: Avaliada pelo ensaio de abatimento, comparando o abatimento entre os concretos.

- Custo e praticidade: Análise qualitativa e quantitativa dos processos de produção, considerando tempo, mão de obra e equipamentos necessários.

5.7 Ensaio de resistência a Compressão

Após o período de cura, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão axial, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 5739 (2018), com o objetivo de determinar a resistência à compressão do concreto.

Os ensaios foram realizados em prensa hidráulica, aplicando-se carga de forma contínua e sem choques, até a ruptura dos corpos de prova. A taxa de carregamento adotada foi mantida constante, situando-se na faixa de 0,4 a 0,6 kN/s, o que corresponde aproximadamente a 0,05 a 0,07 MPa/s, valores compatíveis com as recomendações normativas para corpos de prova cilíndricos.

Antes da realização dos ensaios, os corpos de prova passaram pelo processo de capeamento, com o objetivo de regularizar as superfícies de contato e garantir a distribuição uniforme das tensões durante o carregamento. O capeamento dos corpos de prova foi realizado com o objetivo de promover a regularização e a planificação das superfícies de contato durante os ensaios de resistência à compressão. Para isso, adotou-se um procedimento experimental utilizando superfícies de madeira tipo madeirite, buscando minimizar irregularidades nas extremidades dos corpos de prova e melhorar a distribuição das cargas aplicadas durante o ensaio. Inicialmente, verificou-se visualmente a presença de imperfeições superficiais nas extremidades dos corpos de prova. Posteriormente, realizou-se a regularização das superfícies de apoio, visando proporcionar melhor alinhamento durante o posicionamento na prensa hidráulica e reduzir possíveis interferências nos resultados de resistência.

A utilização do madeirite foi adotada em função das condições laboratoriais disponíveis para a execução experimental deste estudo, sendo utilizada como alternativa prática para auxiliar na planificação das superfícies dos corpos de prova.

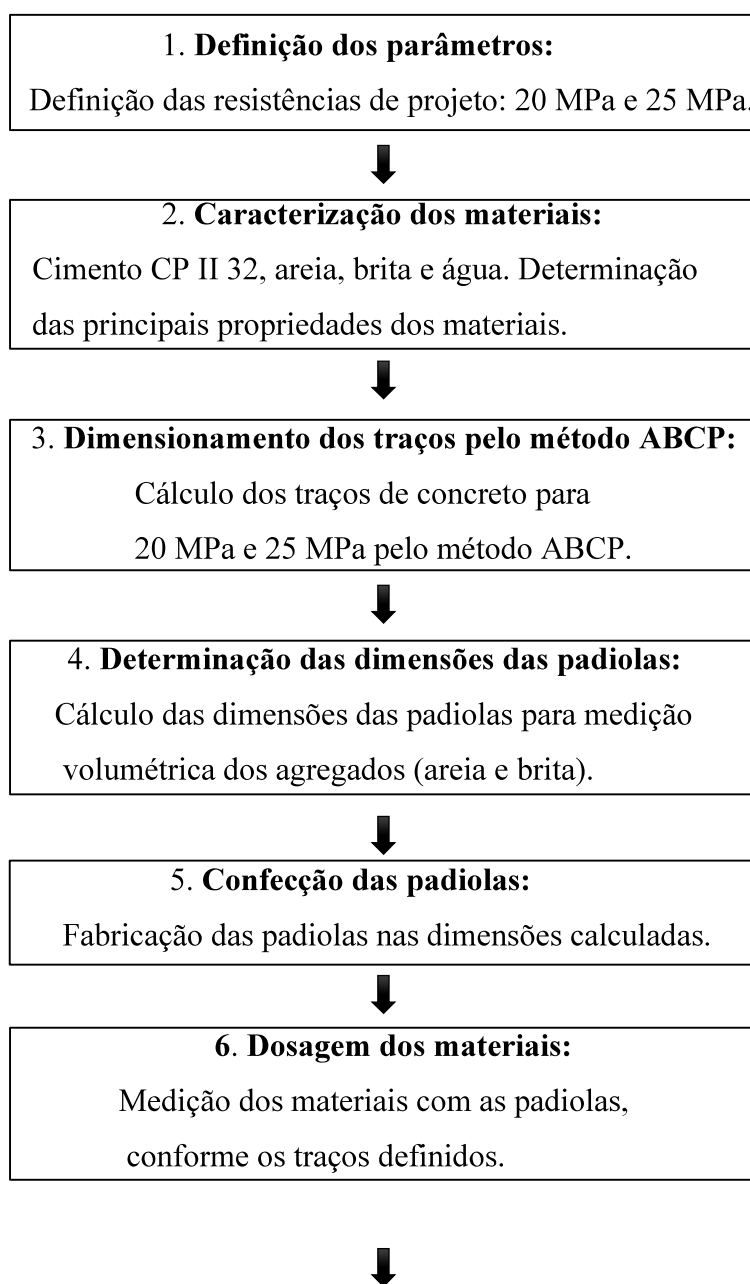
Durante o ensaio, cada corpo de prova foi posicionado centralizado na prensa, sendo submetido ao carregamento até a ruptura. A resistência à compressão foi determinada com base na carga máxima suportada pelo corpo de prova, dividida pela área da seção transversal, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 5739:2018.

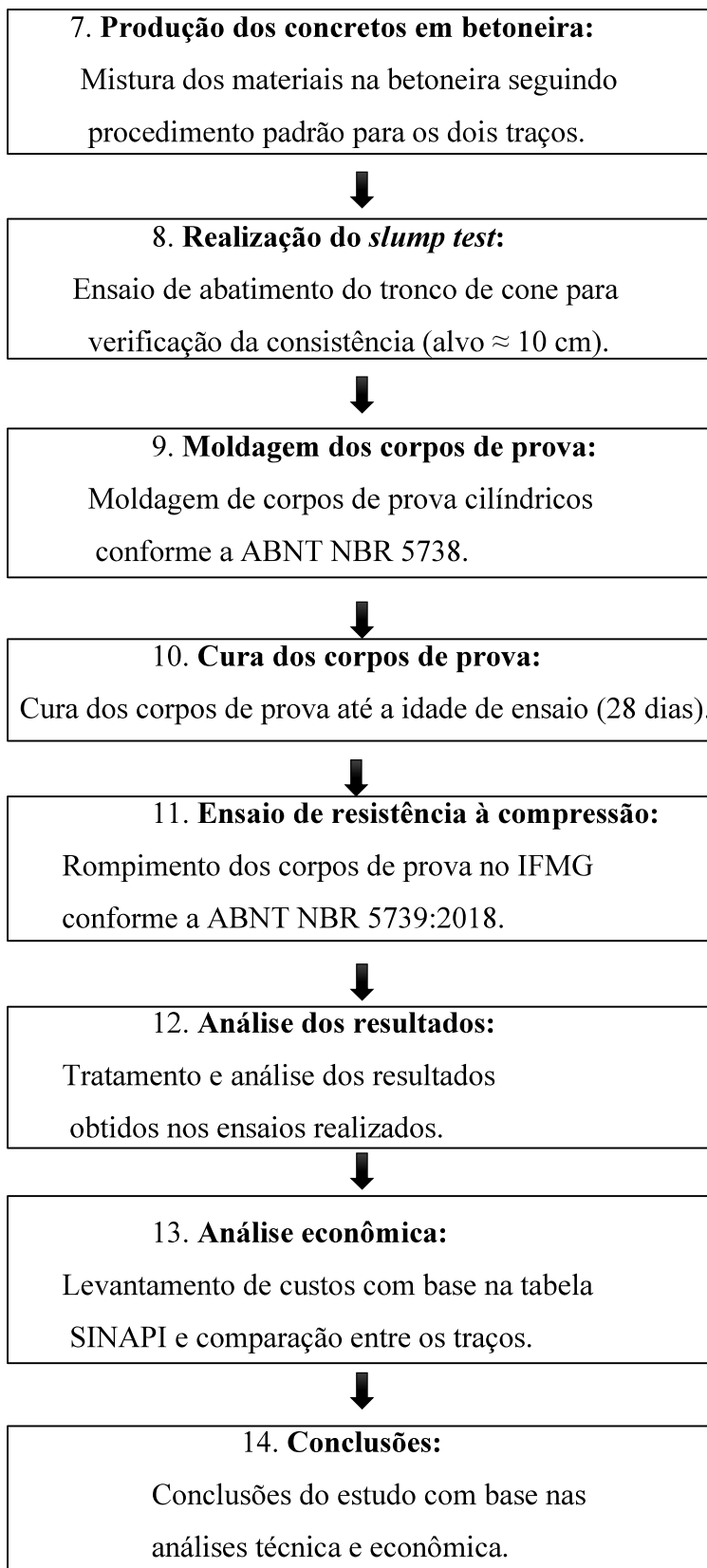
Os resultados obtidos foram posteriormente utilizados para análise comparativa entre os concretos preparados na obra e os concretos usinados, permitindo avaliar o desempenho mecânico de cada método de produção.

5.8 Fluxograma da metodologia

A pesquisa foi desenvolvida em 14 etapas conforme o fluxograma das etapas metodológicas adotadas neste estudo, desde a definição dos parâmetros de dosagem até a análise dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão e na avaliação econômica. O fluxograma foi elaborado com o objetivo de facilitar a compreensão da sequência dos procedimentos experimentais realizados ao longo da pesquisa.

Fluxograma das etapas metodológicas adotadas no desenvolvimento da pesquisa.





6 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados para comparar o desempenho do concreto preparado na obra com o concreto usinado, considerando os traços de 20 MPa e 25 MPa. Os ensaios foram conduzidos no laboratório do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), câmpus Piumhi, e incluíram a avaliação da resistência à compressão aos 28 dias e da consistência por meio do ensaio de abatimento (*slump test*).

6.1 Considerações

A metodologia adotada foi estruturada com o objetivo de garantir a comparabilidade entre o concreto preparado na obra e o concreto usinado, utilizando o método da Associação Brasileira de Cimento Portland como referência para a definição dos traços.

Para a aplicação do método ABCP, foram necessários parâmetros como a resistência característica desejada (f_{ck}), a consistência do concreto (*slump*) e a estimativa das propriedades dos materiais, incluindo a massa específica dos agregados. Como não foram realizados ensaios laboratoriais para determinação dessas propriedades, adotou-se o valor estimado de $2,6 \text{ g/cm}^3$ para os agregados, conforme prática usual em dosagens empíricas.

A produção do concreto na obra foi realizada com o auxílio de ferramentas práticas, como padiolas para medição dos agregados, balde graduado para controle da água e betoneira para mistura, buscando manter a padronização do processo. Já o concreto usinado foi fornecido por empresa especializada, com controle tecnológico próprio.

Os ensaios de controle, incluindo o abatimento do tronco de cone e a resistência à compressão, foram conduzidos conforme normas técnicas vigentes, assegurando a confiabilidade dos resultados obtidos. Ressalta-se, contudo, que a utilização de parâmetros estimados no método de dosagem pode introduzir variações nos resultados, aspecto que será considerado na análise e discussão dos dados.

6.2 Dimensionamento dos traços pelo método ABCP

A dosagem dos concretos preparados na obra foi realizada com base no método da Associação Brasileira de Cimento Portland, utilizando abordagem empírico-racional para definição das proporções entre cimento, agregados e água. O método considera parâmetros

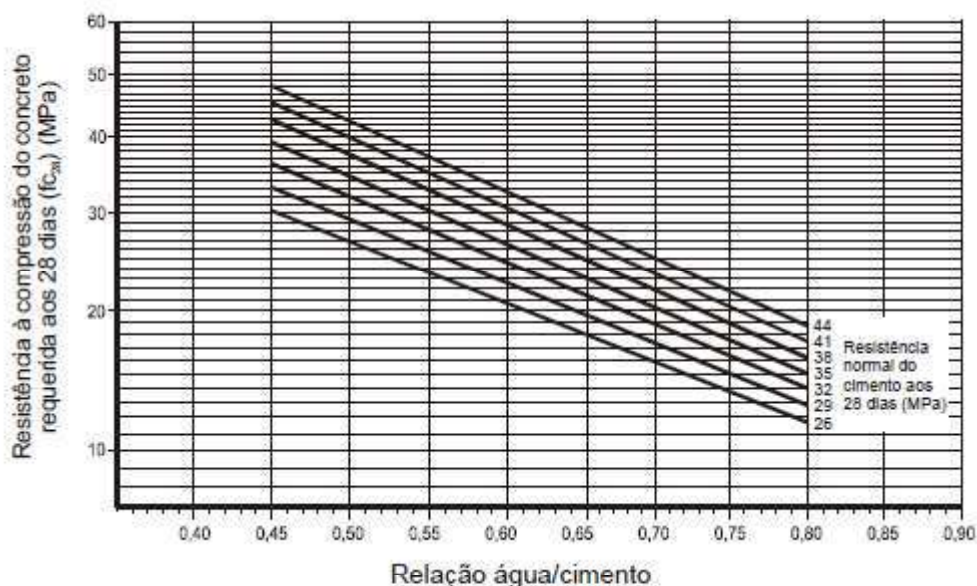
como resistência característica desejada (f_{ck}), relação água/cimento, consistência e características dos agregados utilizados.

Para o dimensionamento dos traços experimentais, utilizou-se o método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Inicialmente, foi definida a resistência característica desejada para os concretos analisados (20 MPa e 25 MPa). A partir desses valores, determinou-se a relação água/cimento por meio do gráfico empírico do método ABCP, que correlaciona a resistência à compressão aos 28 dias com a relação água/cimento do concreto.

Com a definição da relação água/cimento, foram posteriormente determinados os consumos de água, cimento e agregados necessários para a composição dos traços. Após a dosagem inicial, realizaram-se ajustes experimentais visando atingir a consistência desejada por meio do ensaio de (*Slump test*), adotando-se *slump* final de aproximadamente 10 cm para os concretos produzidos.

A Figura 2 apresenta o gráfico empírico utilizado como referência para determinação da relação água/cimento dos traços analisados (f_{ck}), relação água/cimento, consistência e características dos agregados utilizados.

Figura 2: Gráfico empírico do método ABCP para determinação da relação água/cimento.



Fonte: ABCP - Adaptado de *Estude Engenharia* (2025).

Tabela 1 – Traço experimental dimensionado pelo método ABCP para concreto de 20 MPa.

Tabela 1 – Traço experimental dimensionado pelo método ABCP para concreto de 20 MPa	
Componentes	Proporção em massa
Cimento	1,00
Areia	2,73
Brita	3,55
Relação água/cimento	0,68

Fonte: Autor, 2026.

Tabela 2 – Parâmetros do traço experimental para concreto de 20 MPa.

Tabela 2 – Parâmetros do traço experimental para concreto de 20 MPa	
Parâmetro	Valor
Resistência característica (fck)	20 MPa
Traço em massa	1 : 2,73 : 3,55
Relação água/cimento	0,68
Método de dosagem	ABCP
Slump adotado	10 cm

Fonte: Autor, 2026.

Tabela 3 – Traço experimental dimensionado pelo método ABCP para concreto de 25 MPa.

Tabela 3 – Traço experimental dimensionado pelo método ABCP para concreto de 25 MPa	
Componentes	Proporção em massa
Cimento	1,00
Areia	1,55
Brita	2,412
Relação água/cimento	0,451

Fonte: Autor, 2026.

Tabela 4 – Parâmetros do traço experimental para concreto de 25 MPa.

Tabela 4 – Parâmetros do traço experimental para concreto de 25 MPa	
MPa	
Parâmetro	Valor
Resistência característica (fck)	25 MPa
Traço em massa	1 : 1,55 : 2,412
Relação água/cimento	0,451
Método de dosagem	ABCP
Slump adotado	10 cm

Fonte: Autor, 2026.

6.3 Dimensionamento das padiolas

A dosagem dos concretos preparados na obra foi realizada com base no método da Associação Brasileira de Cimento Portland, utilizando abordagem empírico-racional para definição das proporções entre cimento, agregados e água. O método considera parâmetros como resistência característica desejada (fck), relação água/cimento, consistência e características dos agregados utilizados.

Para o presente estudo, foram adotadas resistências características de 20 MPa e 25 MPa, visando comparar o desempenho do concreto preparado na obra com o concreto usinado. A partir dessas resistências e das condições desejadas de consistência, foram definidos os traços experimentais utilizados na produção dos concretos.

Os coeficientes utilizados nos traços representam proporções dos materiais em relação à massa unitária do cimento, adotada como referência. Esses coeficientes são obtidos a partir das tabelas e curvas de dosagem do método ABCP, considerando o equilíbrio granulométrico entre os agregados, o teor de argamassa e a relação água/cimento necessária para atingir o desempenho esperado.

Para o concreto de 20 MPa, adotou-se o seguinte traço:

1 : 2,73 : 3,55 : 0,68

em que:

1 corresponde ao cimento;

2,73 corresponde à areia;

3,55 corresponde à brita;

0,68 corresponde à relação água/cimento.

Considerando um saco de cimento de 50 kg por batelada, as quantidades dos materiais foram obtidas pelas seguintes relações:

Areia

$$50 \times 2,73 = 136,5 \text{ kg}$$

Brita:

$$50 \times 3,55 = 177,5 \text{ kg}$$

Água:

$$50 \times 0,68 = 34 \text{ L}$$

Durante a execução prática, verificou-se elevada consistência da mistura no traço inicial de 20 MPa, indicando excesso de água. Dessa forma, realizou-se ajuste na segunda masseira, reduzindo-se o volume de água para 27,5 litros, obtendo-se abatimento (*slump*) aproximado de 10 cm, considerado adequado para concretos convencionais.

Para o concreto de 25 MPa, adotou-se o seguinte traço:

1 : 1,55 : 2,412 : 0,451

em que:

1 corresponde ao cimento;

1,55 corresponde à areia;

2,412 corresponde à brita;

0,45 corresponde à relação água/cimento.

Areia:

$$50 \times 1,55 = 77,5 \text{ kg}$$

Brita:

$$50 \times 2,412 = 120,6 \text{ kg}$$

Água:

$$50 \times 0,45 = 22,5 \text{ L}$$

Logo, o método ABCP permitiu transformar os parâmetros teóricos de resistência e consistência em traços práticos aplicáveis à produção do concreto na obra.

Após a definição dos traços, realizou-se a conversão das massas dos agregados em volumes, permitindo a utilização prática das padiolas durante a produção do concreto no canteiro de obras.

Para os cálculos volumétricos, foram adotadas massas específicas aparentes de:

1,58 kg/dm³ para a areia;

1,43 kg/dm³ para a brita.

A conversão entre massa e volume foi realizada pela expressão:

$$V = \text{massa} / \text{massa específica}$$

Volume da Areia – 20 MPa:

$$V = 136,5 / 1,58 = 86.075,95 \text{ cm}^3$$

Volume da Brita – 20 MPa:

$$V = 177,5 / 1,43 = 124.125,87 \text{ cm}^3$$

As padiolas utilizadas foram dimensionadas utilizando base fixa de 35 cm × 45 cm, sendo a altura determinada conforme:

$$\text{Altura} = \text{volume} / (\text{comprimento} \times \text{largura})$$

Padiola de Areia – 20 MPa

$$\text{altura} = 86.075,95 / (35 \times 45) \approx 54,65 \text{ cm}$$

$$54,65 / 3 \approx 18,22 \text{ cm}$$

Essa divisão serve para diminuir o tamanho e peso da padiola, resultando em altura prática aproximada de 18,22 cm.

Padiola de Brita – 20 MPa

$$\text{altura} = 124.125,87 / (35 \times 45) \approx 78,81 \text{ cm}$$

$$78,81 / 3 \approx 26,27 \text{ cm}$$

Volume da Areia – 25 MPa:

$$V = 77,5 / 1,58 = 49.050,63 \text{ cm}^3$$

Volume da Brita – 25 MPa:

$$V = 120,6 / 1,43 = 84.335,66 \text{ cm}^3$$

Padiola de Areia – 25 MPa:

$$\text{altura} = 49.050,63 / (35 \times 45) \approx 31,14 \text{ cm}$$

$$31,14 / 2 \approx 15,57 \text{ cm}$$

Padiola de Brita – 25 MPa:

$$\text{altura} = 84.335,66 / (35 \times 45) \approx 53,55 \text{ cm}$$

$$53,55 / 3 \approx 17,85 \text{ cm}$$

Tabela 5 – Comparação dos parâmetros dos traços dimensionados

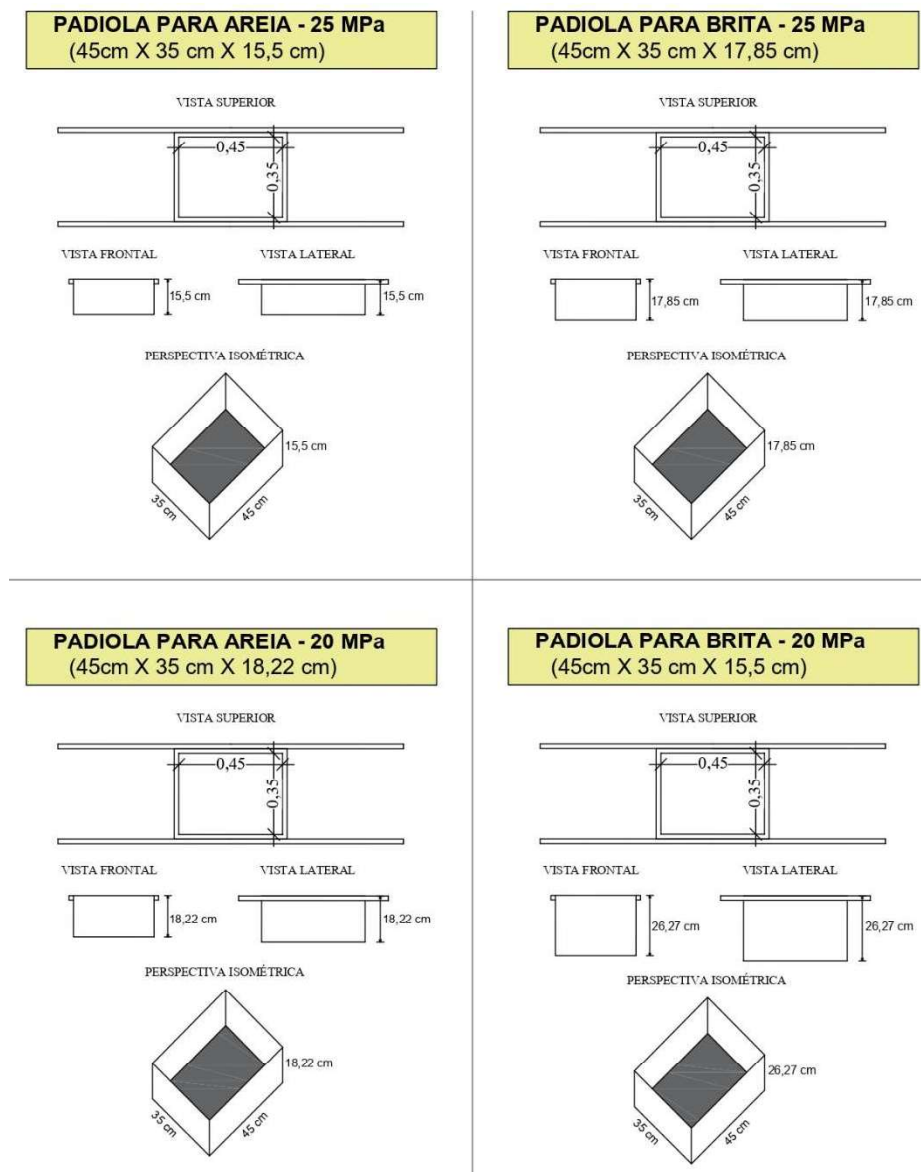
<u>Parâmetro</u>	Concreto 20 MPa	Concreto 25 MPa
Resistência característica (fck)	20 MPa	25 MPa
Traço	1 : 2,73 : 3,55	1 : 1,55 : 2,412
Relação água/cimento	0,68	0,451
<i>Slump</i>	10 cm	10 cm
Padiola de areia	45 × 35 × 18,22 cm	45 × 35 × 15,50 cm
Padiola de brita	45 × 35 × 26,27 cm	45 × 35 × 17,85 cm

Fonte: Autor, 2026.

Portanto, o dimensionamento das padiolas permitiu transformar os traços teóricos obtidos pelo método ABCP em medidas práticas aplicáveis à execução do concreto no canteiro de obras, contribuindo para maior padronização e repetibilidade da dosagem dos materiais.

A figura 3 apresenta as dimensões das padiolas confeccionadas para a medição volumétrica dos agregados utilizados na produção dos concretos.

Figura 3: Dimensões das padiolas confeccionadas para medição dos agregados utilizados na dosagem dos concretos de 20 MPa e 25 MPa



Fonte: Autor, 2026. Figura elaborada utilizando o software AutoCad 2024.

A figura 4 apresenta as padiolas confeccionadas para a dosagem dos agregados utilizados na produção dos concretos.

Figura 4: Padiolas confeccionadas

Fonte: Arquivo pessoal.

Para o concreto de 25 MPa:

Após a definição das massas dos materiais, realizou-se a conversão para volumes práticos, possibilitando a utilização de padiolas na dosagem dos agregados. Para a areia, foi utilizada padiola com dimensões de 45 cm × 35 cm × 15,5 cm, resultando em volume aproximado de 24,41 litros por unidade. Como foram utilizadas duas padiolas, o volume total de areia empregado foi de aproximadamente 48,82 litros. Já para a brita, adotou-se padiola com dimensões de 45 cm × 35 cm × 17,85 cm, resultando em volume aproximado de 28,11 litros por unidade. Utilizando-se três padiolas, obteve-se volume total aproximado de 84,33 litros de brita.

A água foi medida utilizando balde dosador de 20 litros, sendo adicionados 22,5 litros ao traço. Durante o ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test), o concreto apresentou abatimento de aproximadamente 10 cm, indicando consistência adequada para o traço projetado.

Para o concreto de 20 MPa:

Para a medição volumétrica dos agregados, foi utilizada padiola de areia com dimensões de 45 cm × 35 cm × 18,22 cm, resultando em volume aproximado de 28,68 litros por unidade. Como foram utilizadas três padiolas, o volume total de areia empregado foi de aproximadamente 86,04 litros. Para a brita, utilizou-se padiola com dimensões de 45 cm × 35 cm × 26,27 cm, resultando em volume aproximado de 41,35 litros por unidade. Com a utilização de três padiolas, obteve-se volume total aproximado de 124,05 litros de brita.

Inicialmente, foram adicionados 34 litros de água ao traço de 20 MPa. Entretanto, durante a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone, verificou-se *slump* aproximado de 18 cm, indicando consistência excessivamente fluida e inadequada para o concreto pretendido. Dessa forma, realizou-se ajuste empírico na dosagem, reduzindo-se o volume de água para 27,5 litros na segunda masseira.

Após a correção da quantidade de água, o concreto apresentou abatimento aproximado de 10 cm, indicando consistência adequada para o traço projetado e melhores condições de consistência para moldagem e adensamento.

A figura 5 apresenta as ferramentas e os equipamentos utilizados durante as etapas de dosagem dos materiais e produção dos concretos

Figura 5: Ferramentas utilizadas para a dosagem e confecção do concreto



Fonte: Arquivo pessoal

Concreto Usinado

Os traços de 20 MPa e 25 MPa fornecidos pela concreteira seguiram especificações equivalentes, com *slump* de 10 cm para ambos, garantindo comparabilidade com o concreto preparado na obra.

A figura 6 apresenta a execução do ensaio de *Slump test*, realizado com o objetivo de avaliar a consistência e a consistência do concreto no estado fresco. O ensaio foi conduzido conforme os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 16889:2020

Figura 6: *Slump test.* (10+-2)



Fonte: Arquivo pessoal.

6.4 Resultados dos ensaios de resistência à compressão

Os corpos de prova cilíndricos foram moldados conforme a NBR 5738 (ABNT) e submetidos ao ensaio de compressão aos 28 dias, conforme a NBR 5739 (ABNT), no laboratório do IFMG, *Câmpus Piumhi*. A média dos resultados de resistência à compressão é apresentada a seguir:

A figura 7 apresenta a realização do ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova de concreto no Laboratório de Materiais de Construção Civil do IFMG – *Câmpus Piumhi*. O ensaio foi executado em prensa hidráulica, seguindo os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 5739:201

Figura 7: Rompimento dos corpos de provas, ensaios realizados no IFMG – Câmpus Piumhi (2025).



Fonte: Arquivo pessoal.

Para o concreto de 25 MPa, o concreto preparado na obra apresentou resistência média à compressão de 21,40 MPa, enquanto o concreto usinado apresentou resistência média de 24,16 MPa. Dessa forma, o concreto preparado na obra apresentou resistência aproximadamente 13,6% inferior à do concreto usinado e cerca de 14,4% abaixo do valor nominal esperado para o traço de 25 MPa.

Já para o concreto de 20 MPa, o concreto preparado na obra apresentou resistência média de 15,18 MPa, enquanto o concreto usinado apresentou resistência média de 19,15 MPa. Nesse caso, o concreto produzido na obra apresentou resistência aproximadamente 20,8% inferior à do concreto usinado e cerca de 24,1% abaixo do valor nominal esperado para o traço estudado.

Os resultados obtidos indicam que o concreto usinado apresentou desempenho superior em relação ao concreto preparado na obra para ambos os traços analisados. Essa diferença pode estar associada ao maior controle tecnológico adotado pelas concreteiras, incluindo controle mais preciso da dosagem, da umidade dos agregados, da relação água/cimento e da homogeneidade da mistura.

No concreto preparado na obra, apesar da utilização de padiolas dimensionadas e balde dosador para controle dos materiais, pequenas variações na medição volumétrica e na homogeneidade da mistura podem ter influenciado os resultados obtidos. Além disso, a adoção de valores estimados para as massas específicas dos agregados no processo de dosagem pelo método ABCP pode ter contribuído para diferenças entre o traço teórico e o comportamento real do concreto produzido.

A utilização de valores estimados de massa específica pode ter provocado alterações nas proporções efetivas dos materiais utilizados no concreto preparado na obra. Caso os valores reais dos agregados fossem diferentes dos considerados nos cálculos, isso poderia resultar em variações na relação água/cimento efetiva e no teor de argamassa da mistura, influenciando diretamente a resistência à compressão do concreto.

Em relação à consistência, tanto o concreto usinado quanto o concreto preparado na obra apresentaram *slump* aproximado de 10 cm, indicando consistência semelhante e adequada para as aplicações previstas. Entretanto, no traço inicial de 20 MPa, verificou-se *slump* de aproximadamente 18 cm, demonstrando excesso de água na mistura. Após a redução do volume de água para 27,5 litros, obteve-se consistência considerada adequada para o concreto.

Outro fator que deve ser considerado na análise dos resultados é a condição da prensa utilizada nos ensaios de compressão. Embora o equipamento estivesse em pleno funcionamento durante os ensaios, a prensa não havia passado por processo de calibração desde sua aquisição. Nessa condição, é possível que os valores obtidos apresentem pequenas variações em relação aos valores reais de resistência.

Entretanto, entende-se que esse fator não seja o principal responsável pelas diferenças observadas entre os concretos analisados, uma vez que eventuais desvios provocados pela ausência de calibração da prensa tenderiam a afetar ambos os concretos de forma semelhante.

Assim, considera-se que fatores relacionados ao controle tecnológico dos materiais e à precisão da dosagem tenham exercido influência mais significativa nos resultados obtidos.

Considerando-se a prática adotada pelas concreteiras de acrescentar dois desvios-padrão ao cálculo da resistência média de dosagem, pode-se estimar que o concreto usinado tenha sido produzido com resistência média superior ao valor nominal especificado. Para concretos com f_{ck} de 25 MPa, por exemplo, a resistência média de dosagem pode ser estimada pela expressão:

$$f_{cm} = f_{ck} + 2 \cdot sf$$

Adotando-se desvio-padrão de 3,3 MPa, obtém-se:

$$f_{cm} = 25 + 3,3 = 28,3 \text{ MPa}$$

Dessa forma, considerando que o concreto usinado poderia apresentar resistência média próxima de 28,3 MPa, mas que o ensaio indicou valor médio de 25 MPa devido às limitações do equipamento, pode-se estimar fator de correção aproximado de:

$$28,3 / 25 \approx 1,13$$

Esse raciocínio sugere que os valores obtidos experimentalmente podem estar subestimados. Entretanto, mesmo considerando essa possível influência, os resultados continuam indicando melhor desempenho do concreto usinado em comparação ao concreto preparado na obra, reforçando a importância do controle tecnológico na produção do concreto.

Resultados corrigidos

Concreto preparado na obra:

- **20 MPa:** Resistência corrigida da média de 15,18 x 1.13 = **17,15 MPa**
- **25 MPa:** Resistência corrigida da média de 21,40 x 1.13 = **24,18 MPa**

Tabela 5 – Comparação entre as resistências de projeto e as resistências médias obtidas nos concretos preparados na obra.

<u>Parâmetro</u>	Traço 20 MPa	Traço 25 MPa
Resistência de projeto (fck)	20,00 MPa	25,00 MPa
Resistência média obtida	17,15 MPa	24,18 MPa
Diferença absoluta	-2,85 MPa	-0,82 MPa
Diferença percentual	-14,25%	-3,28%

Autor, 2026.

Concreto usinado: Considerando o correto após a premissa:

- **20 MPa:** 20,00 MPa
- **25 MPa:** 25,00 MPa

Os resultados apresentados na Tabela 5 demonstram que ambos os traços produziram resistências inferiores às resistências de projeto inicialmente estabelecidas. Entretanto, observa-se que o concreto dosado para 25 MPa apresentou comportamento mais próximo do valor esperado, com diferença percentual de aproximadamente 3,28%, enquanto o concreto dosado para 20 MPa apresentou redução de aproximadamente 14,25%.

Diversos fatores podem ter contribuído para essas diferenças. Entre eles destacam-se possíveis variações na relação água/cimento durante a produção do concreto, diferenças na umidade dos agregados, imprecisões na dosagem dos materiais, eficiência da mistura realizada na betoneira, condições de adensamento dos corpos de prova e procedimentos de cura adotados após a moldagem. Além disso, pequenas variações dimensionais ou irregularidades superficiais dos corpos de prova também podem influenciar os resultados obtidos nos ensaios de compressão.

Outro aspecto que deve ser considerado refere-se às condições dos equipamentos utilizados durante os ensaios. Eventuais desvios de calibração da prensa hidráulica podem influenciar os valores registrados, porém essa hipótese não deve ser analisada isoladamente, uma vez que os resultados experimentais são influenciados por um conjunto de fatores relacionados tanto à produção quanto aos procedimentos de ensaio.

Os resultados obtidos reforçam a importância do controle tecnológico em todas as etapas de produção do concreto, desde a dosagem dos materiais até a realização dos ensaios laboratoriais. Estudos presentes na literatura indicam que concretos produzidos em ambiente industrial tendem a apresentar menor variabilidade devido ao maior controle dos materiais e dos processos produtivos, enquanto concretos preparados em obra estão mais sujeitos a variações operacionais que podem afetar o desempenho mecânico final.

Portanto, para futuros estudos, recomenda-se não apenas a utilização de equipamentos devidamente calibrados para realização dos ensaios, mas também a caracterização experimental completa dos materiais utilizados na dosagem do concreto. A realização de ensaios para determinação de propriedades como massa específica dos agregados, massa

unitária, módulo de finura e absorção de água pode proporcionar maior precisão na definição dos traços, reduzindo variações e aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos.

Comparação com o Concreto Usinado

O concreto usinado, assumindo com resistências nominais superou o concreto preparado em obra em ambos os casos. No entanto, a diferença de desempenho, especialmente no de traço de 25 MPa (24,18 MPa vs. 25 MPa), é relativamente pequena, sugerindo que o processo manual, com o uso correto do método, uso de padiolas dimensionadas e balde dosador, foi eficaz para atingir uma qualidade próxima à desejada.

Os resultados obtidos demonstraram que o concreto preparado na obra apresentou desempenho satisfatório, especialmente após a correção proporcional das resistências médias obtidas experimentalmente. Para o traço de 20 MPa, a resistência média corrigida foi de aproximadamente 17,15 MPa, enquanto para o traço de 25 MPa obteve-se resistência corrigida de aproximadamente 24,18 MPa.

Embora os concretos preparados na obra tenham apresentado resistências inferiores às do concreto usinado, os valores obtidos indicam potencial de utilização em aplicações correntes da construção civil de pequeno porte, desde que haja controle adequado da produção e das condições de execução. Conforme discutem Paulo Helene e Eduardo Terzian (1992), concretos produzidos em obra podem apresentar desempenho satisfatório em aplicações convencionais, desde que sejam adotados procedimentos mínimos de controle tecnológico.

Entretanto, os resultados também evidenciam que a aplicação do método ABCP depende diretamente da correta caracterização dos materiais utilizados. Neste estudo, foram adotados valores estimados para propriedades como massa específica dos agregados, o que pode ter influenciado a precisão da dosagem e contribuído para diferenças entre as resistências teóricas e os resultados obtidos experimentalmente.

Sendo assim, entende-se que o método ABCP pode apresentar resultados satisfatórios para produção de concreto em obra, porém sua eficiência está diretamente relacionada ao nível de controle tecnológico adotado durante a dosagem e execução. A ausência de ensaios específicos para caracterização dos agregados, como determinação da massa específica, massa unitária, módulo de finura e absorção de água, pode introduzir variações significativas nas proporções reais do traço, afetando o desempenho final do concreto.

Além disso, embora a prensa utilizada estivesse em pleno funcionamento, o equipamento não havia passado por processo de calibração desde sua aquisição, o que pode ter provocado pequenas variações nos resultados de resistência obtidos. Entretanto, entende-se que

esse fator tenha influenciado ambos os concretos de maneira semelhante, não sendo considerado o principal responsável pelas diferenças observadas entre o concreto preparado na obra e o concreto usinado.

Assim, para futuros estudos, recomenda-se a utilização de equipamentos devidamente calibrados, bem como a realização de ensaios completos de caracterização dos materiais utilizados na dosagem. A determinação experimental de propriedades como massa específica, massa unitária, módulo de finura e absorção dos agregados pode proporcionar maior precisão ao método ABCP, reduzindo variações na dosagem e aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos.

6.5 Análise Financeira

Além da avaliação do desempenho mecânico dos concretos analisados, realizou-se uma análise financeira com o objetivo de comparar os custos envolvidos na produção do concreto preparado na obra e do concreto usinado. Para isso, foram utilizados dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), reconhecido como uma das principais referências para composição de custos na construção civil brasileira.

A análise foi desenvolvida considerando os insumos necessários para a produção de 1 m³ de concreto, incluindo materiais, mão de obra e equipamentos. No caso do concreto preparado na obra, foram considerados os custos relacionados à aquisição dos materiais constituintes, utilização da betoneira e mão de obra necessária para a dosagem, mistura e manuseio do concreto. Para o concreto usinado, foram adotados os valores de fornecimento disponibilizados pelo SINAPI, contemplando os custos inerentes ao processo industrial de produção e transporte até a obra.

A Tabela 6 apresenta os custos unitários obtidos para cada método de produção. Observa-se que o concreto preparado na obra apresentou menor custo direto por metro cúbico quando comparado ao concreto usinado. Essa diferença está relacionada principalmente aos custos operacionais envolvidos na produção industrial, ao controle tecnológico realizado pelas centrais dosadoras e às despesas logísticas associadas ao transporte do concreto usinado.

Entretanto, a análise econômica não deve ser limitada exclusivamente ao custo direto por metro cúbico. A escolha do método de produção do concreto envolve outros fatores relevantes, como produtividade da equipe, velocidade de execução, disponibilidade de mão de obra, controle tecnológico, perdas de materiais e condições logísticas da obra. Em muitos casos,

o concreto usinado pode apresentar vantagens operacionais capazes de compensar parcialmente o maior custo inicial, especialmente em obras de maior porte ou com cronogramas mais restritivos. Por outro lado, em obras de pequeno porte ou localizadas em regiões mais afastadas dos centros produtores, o concreto preparado na obra pode representar uma alternativa economicamente vantajosa, desde que sejam adotados procedimentos adequados de controle dos materiais e da dosagem. Dessa forma, a análise financeira deve ser interpretada em conjunto com os resultados técnicos obtidos, permitindo uma avaliação mais abrangente sobre a viabilidade de cada método de produção.

Comparação de Preços entre Concreto Usinado e Concreto Preparado em Obra (Atualização com Dados SINAPI 2025)

Os valores são não desonerados (incluem encargos sociais e complementares), por m³ de concreto fck 25 MPa. Para o concreto preparado em obra, utilizei a composição SINAPI 94965 (preparo mecânico com betoneira 400 L, traço 1:2,3:2,7 em massa seca – cimento/areia média/brita 1), que é a mais próxima do método que foi utilizado no experimento, (com padiolas e balde dosador, conforme ABCP).

Os dados incluem os itens de custos: materiais (insumos diretos), mão de obra (com HH – horas homem), equipamentos e totais. Fontes: Composições SINAPI via Orcamentor (base nacional 06/2025).

Tabela 6 – Tabela de Comparação Geral de Preços (R\$/m³, SINAPI 06/2025 - Nacional, Ajustável a MG)

Item	Descrição	Custo Materiais (R\$/m³)	Custo Mão de Obra e Equip. (R\$/m³)	Custo Total (R\$/m³)	Diferença vs. Usinado	Observações
Concreto Usinado (C25, com Bombeamento e Lançamento Básico)	Fornecimento, bombeamento e concretagem básica (ex.: pilares/vigas, código SINAPI 103672). Inclui perdas de 10,3%.	540,58	57,35	597,93	-	Superior em homogeneidade. Para fornecimento puro (sem lançamento): Média de R\$ 490,10/m ³ .
Concreto Preparado em Obra (25 MPa, Traço 1:2,3:2,7)	Preparo mecânico com betoneira 400 L (código SINAPI 94965), lançamento e cura básica.	332,43	118,84	452,54	-20% (economia de R\$ 145/m ³)	adiciona em média de R\$ 60/m ³ em HH. Viável para pequenas obras.

Fonte: Autor, 2025.

O usinado é 32% mais caro, mas reduz HH totais em 70% (0,93 HH/m³ vs. 3,78 HH/m³), minimizando erros de dosagem. Economia no em obra: R\$ 145/m³ (~R\$ 7.250 para 50 m³), mas com maior risco de variação.

Tabela Detalhada: Concreto Usinado (SINAPI 103672 - Concretagem de Pilares, fck 25 MPa)

Inclui concreto bombeável (classe C25, brita 0/1, slump 100-200 mm, NBR 8953), lançamento com bomba, adensamento por vibração e acabamento básico. Quantidades por m³ final (com 10,3% perdas)

Tabela 7 – Tabela concretagem de pilares.

Categoria	Código SINAPI	Item	Quantidade	Unid.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$/m³)	Detalhes
Materiais (Insumos)	1527	Concreto Usinado Bombeável C25 (com bomba, sem lançamento)	1,103	m³	490,1	540,58	Principal insumo; inclui dosagem em usina, transporte e bombeamento. <i>Slump</i> ajustável; perdas por sobras.
Subtotal Materiais						540,58	90% do total; garante precisão.
Mão de Obra (HH)	88316	Servente (encargos inclusos)	1,345	H	30,74	41,34	Auxílio em lançamento/adensamento.
	88309	Pedreiro (encargos inclusos)	0,224	H	35,58	7,96	Lançamento e acabamento.
	88262	Carpinteiro de Formas (encargos inclusos)	0,224	H	35,11	7,86	Verificação de fôrmas durante concretagem.
Subtotal Mão de Obra		Total HH: 1,793	-	-	-	57,16	Baixo HH devido à bomba; 0,93 HH efetivo pós-perdas.
Equipamentos	90586	Vibrador de Imersão 45mm (CHP diurno - produtivo)	0,094	CHP	1,28	0,12	Vibração para homogeneidade (evita ninhos).
Subtotal Equipamentos						0,19	Mínimo; bomba inclusa no material.
Total Geral						597,93	AF_02/2022_PS, base 06/2025. Para MG: -3% (R\$ 580/m³) por logística local.

Fonte: Autor, 2025.

Os dados apresentados na Tabela 7 demonstram a composição de custos do concreto usinado destinado à concretagem de pilares com resistência característica de 25 MPa, conforme referência SINAPI 103672. Observa-se que o custo final não está relacionado apenas aos materiais constituintes do concreto, mas também aos processos industriais envolvidos em sua produção, ao controle tecnológico realizado pela central dosadora e aos custos logísticos necessários para o transporte até o local de aplicação.

A utilização do concreto usinado proporciona maior padronização da mistura, controle rigoroso da relação água/cimento e melhor rastreabilidade dos materiais empregados. Esses fatores contribuem para a redução da variabilidade dos resultados de resistência à compressão, aumentando a confiabilidade do concreto fornecido. Além disso, a produção industrial reduz a dependência de mão de obra no canteiro e permite maior produtividade durante a execução das concretagens.

Sob o ponto de vista econômico, embora o concreto usinado apresente custo unitário superior ao concreto preparado na obra, sua utilização pode gerar ganhos indiretos relacionados à redução do tempo de execução, diminuição de desperdícios e menor necessidade de retrabalho. Em obras com grandes volumes de concreto ou cronogramas mais restritivos, essas vantagens podem compensar parcialmente o maior investimento inicial.

Outro aspecto relevante refere-se ao controle tecnológico realizado pelas concreteiras, que utilizam procedimentos padronizados para dosagem, mistura e controle de qualidade. Esse nível de controle reduz significativamente a influência de fatores operacionais que normalmente afetam concretos preparados no canteiro, como variações na umidade dos agregados, erros de dosagem e diferenças no tempo de mistura.

Assim, os dados da composição SINAPI evidenciam que o custo mais elevado do concreto usinado está associado não apenas ao fornecimento do material, mas também aos benefícios técnicos e operacionais incorporados ao processo produtivo. Portanto, sua viabilidade deve ser analisada considerando conjuntamente aspectos econômicos, produtivos e de qualidade, e não apenas o valor unitário por metro cúbico.

Tabela Detalhada: Concreto Preparado em Obra (SINAPI 94965 - Preparo Mecânico com Betoneira 400 L, Traço 1:2,3:2,7)

Preparo in loco: betoneira 400 L (mistura 280 L, motor 2 CV), relação água/cimento 0,56, coef. inchamento areia 1,30. Quantidades por m³ final. Para manual puro (padiolas), adicione 1-1,5 HH extras (custo +R\$ 40-60/m³).

Tabela 8 – Tabela Concreto preparado em obra.

Categoria	Código SINAP I	Item	Quantidade	Unid.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$/m³)	Detalhes
Materiais (Insumos)	1379	Cimento Portland CP II-32	362,66	kg	0,62	224,84	Base do traço; massa específica 3,15 kg/dm³.
	370	Areia Média (umidade natural, posto jazida)	0,7229	m³	85	61,44	Coef. inchamento 1,30; peneirar impurezas se necessário.
	4721	Brita N°1 (9,5-19 mm, posto pedreira)	0,5934	m³	77,78	46,15	Agregado graúdo (NBR 7211); sem frete.
Subtotal Materiais						332,43	73% do total; ajustável por estudo de dosagem para 25 MPa.
Mão de Obra (HH)	88377	Operador de Betoneira (encargos inclusos)	1,464	H	32,47	47,52	Carregamento, mistura e descarregamento.
	88316	Servente (encargos inclusos)	2,312	H	30,74	71,06	Auxílio geral; para manual: +1,5 H (R\$ 46 extra).
Subtotal Mão de Obra		Total HH: 3,776	-	-	-	118,58	Alto HH por preparo in loco; desafios de homogeneidade.
Equipamentos	88831	Betoneira 400 L (CHI diurno - improdutivo)	0,71	CHI	0,38	0,26	Tempos improdutivo da jornada.
	88830	Betoneira 400 L (CHP diurno - produtivo)	0,753	CHP	1,69	1,27	Mistura (água > brita > cimento > areia > água restante).
Subtotal Equipamentos						1,53	Baixo; para manual: sem custo de betoneira.
Total Geral						452,54	AF_05/2021, base 06/2025. Para MG: -7% (R\$ 421/m³) por agregados locais.

Fonte: Autor, 2025.

Os dados apresentados na Tabela 8 referem-se à composição de custos do concreto preparado mecanicamente em obra, utilizando betoneira com capacidade de 400 litros e traço 1:2,3:2,7, conforme a composição SINAPI 94965. Observa-se que o custo final é composto

principalmente pelos materiais constituintes do concreto, como cimento, areia, brita e água, além da mão de obra e dos equipamentos necessários para a execução da mistura no canteiro.

Quando comparado ao concreto usinado, o concreto preparado em obra apresenta menor custo direto por metro cúbico, resultado da ausência de despesas relacionadas ao processo industrial de produção, transporte e controle tecnológico realizado pelas concreteiras. Essa característica torna sua utilização economicamente atrativa, especialmente em obras de pequeno porte, onde os volumes de concretagem são reduzidos e a mobilização de caminhões betoneira pode elevar significativamente os custos.

Entretanto, embora apresente menor custo inicial, a produção do concreto em obra exige maior controle por parte da equipe executora. Fatores como a correta dosagem dos materiais, a umidade dos agregados, o tempo de mistura e a quantidade de água adicionada influenciam diretamente as propriedades do concreto. Pequenas variações nesses parâmetros podem resultar em diferenças significativas na resistência à compressão e na durabilidade da estrutura.

Outro aspecto relevante é a dependência da mão de obra disponível no canteiro. Diferentemente do concreto usinado, cuja produção ocorre em ambiente controlado, o concreto preparado em obra está mais sujeito a variações operacionais e erros de execução. Dessa forma, a obtenção de resultados satisfatórios depende diretamente do acompanhamento técnico e da adoção de procedimentos padronizados durante todas as etapas de produção.

No contexto deste estudo, os resultados obtidos demonstram que o concreto preparado em obra constitui uma alternativa economicamente viável para concretagens de pequeno e médio porte, principalmente em locais onde existem limitações logísticas para o fornecimento de concreto usinado. Contudo, sua utilização deve estar associada a um controle adequado dos materiais e dos processos executivos, de forma a garantir que a economia obtida não comprometa o desempenho técnico esperado para a estrutura.

Desempenho vs. Custo: O usinado (597,93 R\$/m³) supera o nominal (25 MPa) com precisão fabril, justificando o prêmio de 32% sobre o em obra (452,54 R\$/m³), que atingiu 24,18 MPa considerado como "boa". HH extras no manual reforçam desafios de controle (dosagem, homogeneidade), mas economia viável para obras remotas.

7 CONCLUSÕES

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresentou uma análise comparativa entre o concreto usinado e o concreto preparado na obra, considerando parâmetros fundamentais como resistência à compressão, consistência, controle tecnológico e viabilidade econômica, a partir de traços dimensionados para resistências características de 20 MPa e 25 MPa. Com base nos ensaios laboratoriais realizados no Instituto Federal de Minas Gerais, *Câmpus Piumhi*, verificou-se que o concreto usinado apresentou desempenho superior em relação ao concreto preparado na obra, especialmente quanto à resistência à compressão. Os resultados obtidos evidenciaram diferenças variando entre 13,6% e 20,8% em favor do concreto usinado.

Quanto à consistência, ambos os métodos apresentaram resultados satisfatórios, com valores de *slump* de 10 cm, indicando consistência adequada para as aplicações previstas, conforme as normas da ABNT. Esse ponto reforça a eficácia do método de dosagem da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) como ferramenta prática para o preparo manual, desde que acompanhado de supervisão técnica e uso de equipamentos como padiolas e baldes dosadores calibrados. Apesar da inferioridade em resistência, o concreto preparado na obra mostrou-se viável para usos não críticos, especialmente em contextos onde a precisão estrutural não é a principal exigência.

Do ponto de vista econômico, a análise baseada nos dados do SINAPI de outubro de 2025 destacou uma vantagem significativa do concreto preparado na obra. Essa diferença, equivalente a cerca de R\$ 145/m³, torna o método manual atrativo para obras de pequeno porte ou em regiões remotas, onde o transporte do concreto usinado encarece o processo. Contudo, essa economia vem acompanhada de desafios, como maior demanda por mão de obra (3,78 HH/m³ contra 0,93 HH/m³ do usinado) e riscos de inconsistências que exigem treinamento e controle rigoroso.

Considerando o contexto brasileiro de 2026, marcado por crescentes preocupações com sustentabilidade, o estudo também sugere que o concreto preparado na obra pode ser uma alternativa mais alinhada a práticas locais, ao reduzir a dependência de transporte e otimizar o uso de agregados regionais. Por outro lado, o concreto usinado se consolida como a melhor opção para projetos de maior escala ou que demandam alta confiabilidade, como edificações sujeitas a cargas elevadas. A descalibração da prensa utilizada nos ensaios, que pode ter subestimado os resultados de resistência em até 13%, reforça a necessidade de investimentos em equipamentos calibrados para futuros estudos, assegurando maior precisão nas conclusões.

Apesar disso, por se tratar de dados comparativos, utilizando mesmo equipamento para ruptura de todos os corpos de prova, esta ‘discrepância’ devido a erro acaba se anulando.

Conclui-se, ainda, que a decisão entre utilizar concreto preparado na obra ou concreto usinado deve considerar o volume de concretagem e a disponibilidade de mão de obra no canteiro. Em serviços de pequeno volume, como pequenas vigas, pilares isolados, calçadas ou reparos pontuais, o concreto preparado na obra pode ser economicamente vantajoso, desde que haja controle adequado da dosagem e da execução. Entretanto, para concretagens de maior volume, como lajes, contrapisos extensos, blocos, vigas contínuas ou etapas que exigem maior produtividade, o concreto usinado pode se tornar mais adequado, pois permite maior velocidade de execução, melhor controle tecnológico e libera a mão de obra para outras atividades importantes da obra. Assim, a escolha do método de produção deve ser feita de forma técnica, considerando não apenas o custo unitário, mas também produtividade, logística, qualidade e organização da execução.

Portanto, os resultados obtidos neste trabalho contribuem para a tomada de decisões na engenharia civil, fornecendo informações relevantes sobre o desempenho do concreto usinado e do concreto preparado na obra sob os aspectos de resistência, controle tecnológico, praticidade de execução e viabilidade de aplicação. Os resultados demonstram que a escolha do método de produção do concreto deve considerar as características específicas de cada obra, incluindo escala, localização, disponibilidade de materiais, logística e nível de controle tecnológico disponível.

Além disso, verificou-se que a adoção de procedimentos mais rigorosos de controle de qualidade durante o preparo do concreto em obra pode contribuir significativamente para a melhoria do desempenho do material. Nesse contexto, a correta caracterização dos agregados, o controle da quantidade de água e a utilização de equipamentos adequados para dosagem e ensaio representam fatores fundamentais para obtenção de concretos com maior confiabilidade e menor variabilidade de resultados.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de novos estudos em diferentes regiões e condições construtivas, envolvendo distintos tipos de obras e materiais, com o objetivo de verificar a repetibilidade e aplicabilidade dos resultados obtidos neste trabalho. A ampliação das análises pode contribuir tanto para confirmação dos resultados apresentados quanto para identificação de novas variáveis que influenciam o comportamento dos concretos produzidos em obra.

Recomenda-se também a comparação entre diferentes métodos de dosagem, como o método IPT e outros procedimentos utilizados pela tecnologia do concreto, visando avaliar

possíveis diferenças entre os modelos de dosagem quando comparados ao concreto usinado. Essa abordagem pode contribuir para análises mais abrangentes sobre a eficiência dos métodos empregados na produção de concretos preparados na obra, aumentando a confiabilidade das conclusões e fornecendo parâmetros mais completos para futuras pesquisas na área.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Método de dosagem de concreto**. Estudo Técnico ET-67. São Paulo: ABCP, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: **Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CAVALCANTE, F. G.; SANTOS, R. C. **Análise comparativa entre concretos usinado e produzido em obra**. Revista Engenharia Civil, v. 16, n. 2, p. 45–56, 2019.

ENGEMIX. **Concreto usinado: vantagens e desvantagens**. Disponível em: <https://www.engemix.com.br/concreto-dosado-vantagens-e-desvantagens-em-comparacao-ao-concreto-virado-em-obra/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

ESTUDE ENGENHARIA. **Dosagem do concreto: método ABCP**. Disponível em: <https://estudeengenharia.com/dosagem-do-concreto-metodo-abcp/>. Acesso em: 08 jan. 2026.

ESTUDE ENGENHARIA. **Traço em volume: dimensionamento de padiolas**. Disponível em: <https://estudeengenharia.com/traco-em-volume-dimensionamento-de-padiolas/>. Acesso em: 05 jun. 2025.

GAMAMIX. **Concreto usinado x concreto feito na obra: quais as diferenças**. Disponível em: <https://gamamix.com.br/glossario/concreto-usinado-x-concreto-feito-na-obra-quais-as-diferencas/>. Acesso em: 14 ago. 2025.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1993.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Eduardo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html>. Acesso em: 25 ago. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS (IFMG). **Normas para elaboração de Trabalhos de Conclusão de Curso**. Câmpus Piumhi, 2024.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

OBRA PRIMA. **Concreto usinado: o que é, vantagens e desvantagens**. Disponível em: <https://blog.obraprima.eng.br/concreto-usinado-vantagens-e-desvantagens-do-concreto-usinado/>. Acesso em: 06 set. 2025.

SILVA, J. R.; PEREIRA, M. A.; LIMA, R. F. **Avaliação de desempenho entre concreto usinado e concreto misturado em obra**. *Revista de Construção Civil*, v. 22, n. 3, p. 78–89, 2020.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Composições analíticas de preços unitários**. Caixa Econômica Federal; IBGE, jun. 2025. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br>. Acesso em: 14 set. 2025.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 2009.