



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



ALAN RAFAEL OLIVEIRA DIAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*
EM OBRAS DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB**

Cajazeiras-PB, 2020

ALAN RAFAEL OLIVEIRA DIAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO MOLDADO *IN LOCO*
EM OBRAS DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. MSc. Jefferson Heráclito Alves de Souza e Coorientação do Prof. MSc. Gastão Coelho de Aquino Filho.

Cajazeiras-PB, 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) – Thiago Cabral CRB15 - 628

D541a

Dias, Alan Rafael Oliveiras

Análise da qualidade do concreto moldado In Loco em obras do município de Cajazeiras - PB/ Alan Rafael Oliveiras Dias. -Cajazeiras, 2020 46f..

TCC (pdf)

Orientador: Jefferson Heráclito Alves de Souza

1. Concreto. 2. Controle de qualidade. 3. Município . I. Alan Rafael Oliveiras Dias. II. Título.

CDU: 624.012.45

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Bibliotecas DBIBLIO/IFPB

ALAN RAFAEL OLIVEIRA DIAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DO CONCRETO MOLDADO *IN LOCO* EM OBRAS
DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB**

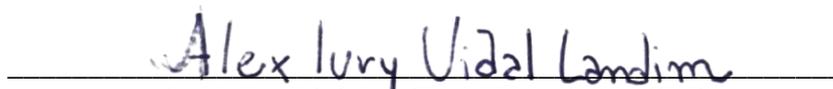
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 15 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA


Jefferson Heráclito Alves de Souza – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador


Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Coorientador


Alex Iury Vidal Landim – Engenheiro Civil
Examinador

*"Tenha coragem de seguir seu coração e sua intuição.
Eles, de alguma forma, já sabem o que você realmente
quer ser."*

(Steve Jobs)

AGRADECIMENTOS

Muitas foram as pessoas que com seu apoio, ajuda ou uma simples palavra de incentivo fizeram parte desse trabalho e deram uma contribuição substancial para que esse esteja finalizado.

Mas antes de tudo devo agradecer à Deus, que desde o primeiro momento em que fui abençoado ao ser aprovado no vestibular se manteve ao meu lado. Agradeço por me transmitir força e luz em todos os momentos em que não via solução ou coragem para continuar.

Aos meus pais Ancelmo Andrade e Maria Sônia e a meus irmãos Ancelmo Júnior e Sonyelle Oliveira, por todo o apoio que me deram para iniciar e está superando mais uma etapa na minha vida, além de compreenderem a minha ausência ao longo da graduação.

À Maria Tereza Assunção (Dona Terezinha), Keyla Assunção e Kirley Assunção por sempre acreditarem em mim e depositarem tamanha confiança.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia-*Campus* Cajazeiras pela oportunidade de cursar engenharia civil com alto padrão de qualidade. Obrigado por proporcionar um ambiente tecnológico para todos os alunos, além de estimular a criatividade, a interação e a participação nas atividades acadêmicas. Sou grato a todo corpo docente, à direção e administração dessa instituição.

Ao meu orientador Jefferson Heráclito Alves de Souza por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa, por todo o empenho e a confiança.

Um agradecimento especial devo fazer ao Professor Gastão Coelho de Aquino Filho por sua coorientação e ajuda, um professor que sempre se mostrou solícito, dedicado e sempre me transmitiu confiança, sem a sua ajuda o meu trabalho não seria possível.

Aos meus amigos que não se afastaram de mim quando eu me fiz distante, vocês contribuíram valiosamente para o meu trabalho de término de curso, em especial Rute Cavalcante, Ana Rute, Leila Umbelino e Higor Felipe, obrigado pelas palavras de encorajamento, apoio e por enfrentarem comigo os inúmeros desafios que o curso propôs.

RESUMO

O concreto é o material mais utilizado para realização de construções no Brasil, além de ser o segundo material mais consumido pelo homem. Para se garantir uma boa qualidade do concreto é necessário seguir um padrão na escolha de seus componentes, além de cuidados em sua produção. Diante do aumento da complexidade das estruturas, nos dias atuais, houve uma necessidade no aumento das exigências para com o resultado final do concreto. O presente trabalho analisou a qualidade do concreto que está sendo moldado *in loco* em obras na cidade de Cajazeiras-PB. Para realizar essa análise, foram observadas as técnicas adotadas pelos profissionais na execução do material, bem como a realização de testes em laboratório com amostras do material recolhido nas obras visitadas. Foi realizado o teste de resistência do concreto pelo método do ensaio de compressão axial, no Laboratório de Análise de Solos no *Campus* Cajazeiras-IFPB. O trabalho teve uma análise quantitativa e qualitativa. Para determinação da resistência a compressão (f_{ck}) foram visitadas 04 (quatro) Obras, sendo coletados 04 (quatro) corpos de prova em cada Obra. Desses 04 (quatro) corpos de prova, 02 (dois) foram rompidos com idade de 07 (sete) dias e 02 (dois) com idade de 28 (vinte e oito) dias. Na análise qualitativa foram analisados o controle tecnológico da dosagem dos materiais e as técnicas construtivas adotadas. Com isso, foi possível afirmar que os valores de f_{ck} do concreto produzido nas obras na cidade de Cajazeiras-PB apresentaram resultados insatisfatórios, e que apenas uma obra atingiu a resistência de projeto.

Palavras-Chave: Concreto; Obras; Controle de qualidade.

ABSTRACT

Concrete is the most used material for construction in Brazil, in addition to being the second most consumed material by human. To ensure good quality in concrete, it is necessary to follow a standard when choosing your products, in addition to care in their production. In view of the increasing complexity of the structures, nowadays, there is need to increase the requirements with the final result of the concrete. The present work analyzed the quality of the concrete that is being molded *in loco* in works in the city of Cajazeiras-PB. To carry out this analysis, the techniques adopted by the professionals in the execution of the material were observed, as well as the performance of tests in the laboratory with the material collected in the visited works. The concrete strength test was carried out using the axial compression test method, at the Soil Analysis Laboratory at Campus Cajazeiras-IFPB. The work had a quantitative and qualitative analysis. To determine the compressive strength (f_{ck}), 04 (four) Works were visited, and 04 (four) specimens were collected in each Work. Of these 04 (four) specimens, 02 (two) were broken at the age of 07 (seven) days and 02 (two) at the age of 28 (twenty-eight) days. In the qualitative analysis of the foramen ovale the technological control of the dosage of the materials and as constructive techniques adopted. With that, it was possible to affirm that the f_{ck} values of the concrete produced in the works in the city of Cajazeiras-PB were unsatisfactory results, and that only one work reached the design resistance.

Keywords: Concrete; Construction; Quality control

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Ensaio <i>Slump Test</i>	21
Figura 02 - Localização do município de Cajazeiras-PB no Brasil.....	22
Figura 03 - (a) Amostras analisadas da Obra 01; (b) Amostras analisadas da Obra 02; e (c) Amostras analisadas da Obra 03; (d) Amostras analisadas da Obra 04.....	24
Figura 04 - Fluxograma com as etapas da pesquisa.....	24
Figura 05 - Projeto estrutural e resistência de projeto – Obra 01	28
Figura 06 - Teste de resistência a compressão – Obra 01	28
Figura 07 - Teste de resistência à compressão – Obra 02	31
Figura 08 - Local de aplicação do concreto – Obra 02	31
Figura 09 - (a) Medição do diâmetro e da massa e (b) Medição da altura nos corpos de prova – Obra 03.....	33
Figura 10 - Teste de resistência à compressão – Obra 03	34
Figura 11 - Detalhes do projeto estrutural – Obra 03	35
Figura 12 - (a) Mistura do concreto na betoneira e (b) Lançamento do concreto na estrutura – Obra 03.....	35
Figura 13 - Teste de resistência à compressão – Obra 04	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Descrição dos corpos de prova – Obra 01	26
Tabela 02 - Valores da resistência à compressão – Obra 01	27
Tabela 03 - Descrição dos corpos de prova – Obra 02	29
Tabela 04 - Valores da resistência à compressão – Obra 02	30
Tabela 05 - Descrição dos corpos de prova – Obra 03	32
Tabela 06 - Valores da resistência à compressão – Obra 03	33
Tabela 07 - Descrição dos corpos de prova – Obra 04	36
Tabela 08 - Valores da resistência à compressão – Obra 04	36
Tabela 09 - Traços e características dos materiais utilizados.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto.

NBR – Norma Brasileira.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 COMPONENTES DO CONCRETO.....	14
2.2 DOSAGEM DO CONCRETO	16
2.2.1 Traço Padrão para o Concreto.....	17
2.3 QUALIDADE DO CONCRETO.....	18
2.3.1 Resistência à Compressão Axial (<i>f_{ck}</i>).....	19
2.3.2 Durabilidade.....	19
2.3.3 Trabalhabilidade/Consistência	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 OBJETO DE ESTUDO	22
3.2 CARACTERÍSTICA DAS AMOSTRAS	23
3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE.....	24
4 RESULTADOS E ANÁLISES.....	26
4.1 OBRA 01	26
4.2 OBRA 02	29
4.3 OBRA 03	32
4.4 OBRA 04	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento, desde os primórdios da humanidade foi executada de forma artesanal, e veio se aprimorando com o passar do tempo. Nos dias de hoje, o concreto é o principal componente utilizado para as construções, sendo um elemento heterogêneo composto por cimento, agregados e água, podendo ser acrescentado aditivos e/ou adições (HELENE; LEVY, 1995).

O concreto é uma invenção humana que endurecido tem resistência equivalente à de rochas naturais e no estado fresco não se comporta como material elástico, podendo assim ser moldado em formas e tamanhos variados, justificando assim a estimativa de ser consumido 11 bilhões desse material, anualmente (IBRACON, 2009).

A preparação do concreto pode ser feita manualmente ou em betoneiras no próprio canteiro de obras, recebendo assim o nome de concreto *in loco*, como também pode ser preparado em centrais dosadoras chamadas de usinas de concreto, fazendo com que o concreto receba a nomenclatura de concreto usinado ou pré-misturado, possuindo cada uma suas vantagens e desvantagens.

Tanto nas usinas de concreto, como no processo *in loco* a dosagem do concreto é caracterizada como o processo através do qual são escolhidos os materiais, dentre os disponíveis com preços adequados, sendo determinado a melhor proporção entre eles (cimento e agregados, aditivos e adições) com o objetivo de obter um traço que atenda a determinados requisitos físicos, químicos e mecânicos, ao menor custo possível (RECENA, 2017).

Na maioria das construções na cidade de Cajazeiras-PB, o concreto é moldado *in loco* e isso pode estar relacionado ao porte das obras e o desconhecimento da existência de uma central de concreto usinado na cidade, porém, esses não seriam um problema, desde de que, o concreto passasse por uma análise laboratorial para averiguação dos padrões de qualidade exigidos pela norma NBR 12655 (ABNT, 2015).

Diante disso, os estudos visando verificar a qualidade do concreto moldado *in loco* se justificam ao analisar o crescente aumento nos casos de problemas com a resistência característica do concreto, visto que, na grande maioria estas se encontram abaixo da resistência prevista pelo projeto estrutural. Outro fator importante são as fissurações em obras de edificações, uma vez que, esses são eventos patológicos que necessitam ser evitados, pois podem afetar negativamente a segurança, durabilidade e funcionalidade das estruturas de concreto.

Dentro dessa composição, o estudo tem como objetivo avaliar a qualidade do concreto moldado *in loco* utilizado em algumas construções na Cidade de Cajazeiras, Estado da Paraíba, com verificação das técnicas utilizadas e análise laboratorial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo o IBRACON (2009), o concreto é o material construtivo mais utilizado no mundo, principalmente em obras de edificações, e isso faz com que haja a necessidade de um rigoroso controle de qualidade para que a estrutura suporte as cargas solicitadas. A mistura do concreto é composta por cimento, agregados miúdos (areia), agregados graúdos (pedras), água, aditivos e adições (sílica ativa).

Para Helene e Andrade (2010), o concreto possui duas fases, sendo a primeira denominada de concreto fresco, a qual possui um tempo muito curto, entre 1 h a 5 h, essa fase é o intervalo de tempo para que o concreto possa ser misturado, transportado e lançado e adensado, já a segunda é denominada de concreto endurecido, com seu início com a hidratação do cimento e o endurecimento do concreto.

De acordo com Almeida (2002), o concreto pode ser classificado conforme o modo de fabricação como fabricação no local (*in loco*) ou pré-misturado (usinado). Hoje, no Brasil, o concreto pode ser misturado pelos seguintes processos: processo manual para pequenas obras; concreto misturado em betoneiras na obra; concreto comprado de centrais de concreto e transportado em caminhões betoneiras (BOTELHO, 2006).

Almeida (2002) ainda relata que, para se obter um concreto resistente, durável, econômico e de bom aspecto, deve-se atentar às propriedades de cada um dos materiais componentes, as propriedades do concreto e os fatores que podem alterá-las, o proporcionalmente correto e execução cuidadosa da mistura, além do modo de executar o controle do concreto durante a fabricação e após o endurecimento.

2.1 COMPONENTES DO CONCRETO

O concreto é um material composto por cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra britada) e água. Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa, etc.) e aditivos químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas. Segundo Neville e Brooks (2013) o concreto é qualquer massa produzida por meio cimentante.

A norma NBR 12655 (ABNT, 2015) define o cimento Portland como um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer, no qual, no seu processo de operação, é adicionado uma quantidade necessária de sulfato de cálcio. Já a Associação Brasileira de Cimento Portland-

ABCP define cimento como um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Na forma de concreto, torna-se uma pedra artificial, que pode ganhar formas e volumes, de acordo com as necessidades de cada obra.

Os agregados para concreto devem ser classificados a fim de se calcular uma dosagem adequada para cada tipo avaliado. A norma NBR 9935 (ABNT, 2011) classifica os agregados em dois tipos, o artificial e o natural. O agregado natural é aquele material que pode ser utilizado como encontrado na natureza, podendo ser submetido a lavagem, classificação ou britagem. Já o agregado artificial é definido, como o material obtido por processo industrial que envolva alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original.

De acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2009), agregado miúdo é definido como os grãos que passam na peneira de malha 4,75 mm. Já o agregado graúdo é definido como os grãos que passam na peneira de malha 75 mm e ficam retidos na peneira de malha 4,75 mm. Para Helene e Terzian (1992) as características de maior influência na dosagem do concreto é a granulometria, módulo de finura, massa unitária, massa específica, inchamento, natureza do agregado, entre outros.

De acordo com Aoki (2013), a água é um importante componente do concreto e tem basicamente duas funções: provocar a reação de hidratação dos compostos do cimento, com seu consequente endurecimento, e aumentar a trabalhabilidade para que possa preencher adequadamente as fôrmas, sem causar vazios ou nichos. No Brasil, a norma NBR 15900-1 (ABNT, 2009) é quem especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação.

A mistura do concreto deve ter uma boa distribuição granulométrica a fim de preencher todos os vazios, evitando a porosidade e a permeabilidade, que influenciam na resistência das estruturas de concreto, sendo de extrema importância o controle dos agregados utilizados para a preparação da massa.

Os aditivos, segundo a norma NBR 12655 (ABNT, 2015), tratam-se de produtos adicionados durante o processo de preparação do concreto, e sua quantidade não deve ser maior que 5 % da massa de material cimentício contida no concreto, o seu objetivo é modificar as propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido, exceto pigmentos inorgânicos para o preparo de concreto colorido.

Os aditivos utilizados em concreto de cimento Portland devem cumprir com os requisitos estabelecidos na série de normas NBR 11768 (ABNT, 2019). E ainda segundo a

norma NBR 12655 (ABNT, 2015), quando se usarem simultaneamente dois ou mais aditivos, a compatibilidade entre eles deve ser verificada em ensaios prévios em laboratório.

2.2 DOSAGEM DO CONCRETO

Para Recena (2015, p.14), entende-se por dosagem:

O processo através do qual são escolhidos os materiais, dentre os disponíveis a preços adequados, e determinado o melhor proporcionalmente entre cimento, agregados, aditivos e adições, com o objetivo de obter-se um material que atenda a determinados requisitos físicos, químicos e mecânicos, ao menor custo possível, [...].

Para Torres Filho (2016) a dosagem do concreto tem como finalidade obter um material com resistência, consistência e durabilidade, se adequando às condições exigidas em projeto.

Um estudo de dosagem deve ser realizado visando obter a mistura ideal e mais econômica, numa determinada região e com os materiais ali disponíveis, para atender uma série de requisitos. Essa série será maior ou menor, segundo a complexidade do trabalho a ser realizado e segundo o grau de esclarecimento técnico e prático do usuário do concreto que demandou o estudo (HELENE; TUTIKIAN, 2011).

A dosagem do concreto está diretamente ligada aos fatores como resistência, durabilidade e trabalhabilidade, esses são requisitos básicos que devem ser garantidos.

Existem diversos métodos conhecidos de dosagem, eles podem ser agrupados em métodos experimentais e métodos empíricos. Para Recena (2015), os métodos experimentais do primeiro grupo associam aqueles métodos que pressupõem a experiência específica, realizada com materiais definidos, vinculando a precisão dos resultados ao emprego dos materiais previamente escolhidos. Já o outro grupo, parte de simplificações, adotando valores médios para as características dos agregados e do cimento. A relação água/cimento (a/c) e outras características do concreto são valores tabelados ou retirados de curvas aproximadas obtidas da experiência acumulada ao longo do tempo por um profissional, uma instituição ou um laboratório.

Os métodos de dosagem, por serem métodos simplificados, sempre necessitarão de correções e adaptações aos diversos materiais que podem ser empregados, mesmo que os materiais procedam de uma mesma região.

Assim, segundo Helene e Tutikian (2011), podemos relacionar os seguintes princípios da dosagem dos concretos:

- a) a resistência à compressão de um concreto é 95% explicada pela resistência da pasta;

- b) a máxima resistência será, teoricamente, alcançada com uma pasta de cimento simples;
- c) para cada dimensão máxima característica do agregado graúdo há um ponto ótimo de resistência do concreto, crescente com a redução dessa dimensão;
- d) a resistência à compressão dos concretos depende essencialmente da relação a/c;
- e) um concreto corrente será tanto mais econômico quanto maior a dimensão máxima característica do agregado graúdo e quanto menor o seu abatimento, implicando em concretos de consistência seca, para uma mesma resistência, são mais baratos que de consistência plástica ou fluída;
- f) a consistência de um concreto fresco depende essencialmente da quantidade de água por m^3 ;
- g) para uma dada resistência e uma dada consistência, há uma distribuição granulométrica ótima (combinação miúdo/graúdo) que minimiza a quantidade de pasta;
- h) o rendimento da relação resistência à compressão (MPa)/consumo de cimento (kg/m^3) tem um ponto ótimo máximo para cada traço e aumenta com o crescimento da resistência, ou seja, quanto maior a resistência de um concreto, maior seu rendimento em MPa/kg.

2.2.1 Traço Padrão para o Concreto

O traço corresponde a indicação da quantidade dos materiais que constituem o concreto. Ele mostra a quantidade de areia e de brita que devem ser usadas na mistura para uma unidade de cimento. Existem diversas tabelas e ábacos que apresentam proporções ideais para determinadas resistências de projeto.

Nesse campo, destaca-se os ábacos de Abílio de Azevedo Caldas Branco, que segundo Vasconcelos (1985), foi um dos engenheiros civis que mais contribuiu para o alcance da dosagem ideal. Pode-se afirmar que se tratava da primeira aproximação do traço ótimo, em geral com excesso de ligante, antieconômico e pouco sustentável.

Hoje em dia existem tabelas que utilizam métodos experimentais para a determinação da dosagem ideal, visando a economia, sustentabilidade e minimizando a utilização de aditivos.

O Quadro 01 apresenta dois traços padrões de diferentes autores para uma resistência de 25 MPa a 28 dias.

Quadro 1 - Traço Padrão.

Fonte, Ano	f_{ck} (MPa)	Traço em Massa
SINAPI, 2019	25	1:2,3:3,5
CONSTRUFÁCIL RJ, 2019	25	1:2,5:4,0

Fonte: Autor, 2020.

Todos os dois traços utilizaram brita 01, areia natural média e cimento CP II-Z-32. Mesmo possuindo a mesma referência, 25 MPA, existem variações entre os traços, provenientes de mudança de clima, material utilizado e até mesmo por necessidade de melhoria de trabalhabilidade, para facilitar a execução *in loco* do concreto.

2.3 QUALIDADE DO CONCRETO

O controle tecnológico do concreto está diretamente ligado ao controle dos materiais que fazem parte de sua composição. A norma NBR 12655 (ABNT, 2015) dispõe sobre os ensaios que devem ser efetuados nestes materiais, com o objetivo de garantir que o concreto atenda as normas estabelecidas nos projetos com um menor custo. Os fatores que constituem o processo de dosagem do concreto devem trabalhar em plena harmonia, caso contrário, fatores como resistência, durabilidade e trabalhabilidade podem ser drasticamente prejudicadas e conseqüentemente influenciar na produção do concreto em escala desejável.

Helene (2004) ressalta que, a durabilidade da estrutura do concreto é determinada por quatro fatores identificados como regra dos 4C: composição ou traço do concreto; compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura; cura efetiva do concreto na estrutura; cobrimento das armaduras.

De acordo com Bauer (2018), o processo que visa a garantia da conformidade ou fatos não conformes e ações corretivas dos concretos produzidos e aplicados, é chamado de controle tecnológico, e deve ser realizado obedecendo as especificações técnicas do projeto estrutural.

Para Bauer (2018), os ensaios do concreto são divididos em duas categorias: em seu estado fresco, o teste mais comum é o de abatimento de tronco de cone conhecido como *Slump Test*. O segundo grupo de ensaios ocorre quando o concreto se encontra no estado endurecido. Nesse caso, o teste mais comum é o ensaio de resistência à compressão de corpos de prova, feito, normalmente, aos 28 dias de idade. Porém, dependendo do tipo de aplicação, pode ser medido com 12 horas, 24 horas, três ou sete dias, entre outras possibilidades.

2.3.1 Resistência à Compressão Axial (f_{ck})

Segundo Neville (2016), uma das propriedades mais importantes do concreto é a sua resistência a compressão axial (f_{ck}), uma vez que, é uma propriedade ligada diretamente à estabilidade e segurança estrutural, que valida a qualidade da estrutura. Em projetos estruturais essa resistência é estabelecida pelo projetista e cujo valor deve ser atingido em campo.

A ABCP destaca que a resistência de um material é definida como a capacidade de resistir à tensão sem ruptura, por várias vezes identificada com o aparecimento de fissura. No concreto, a resistência é relacionada com a tensão requerida para causar a fratura. Resistência é geralmente a propriedade mais importante para um projeto de estruturas, primeiramente por ser uma propriedade fácil de ser ensaiada e, não menos importante, também pelo fato dela se relacionar com todas as demais características do concreto.

A determinação da resistência segue as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2015): Moldagem de corpos de prova e a NBR 5739 (ABNT, 2018): Ensaio de compressão, realizada mediante moldagem de corpos de prova cilíndricos de altura dupla do diâmetro seja (10 x 20) cm ou (15 x 30) cm, em moldes metálicos.

A norma NBR 12655 (ABNT, 2015) determina que para cada idade de rompimento, cada exemplar composto por 2 (dois) corpos de prova, deve-se adotar como resistência à compressão maior dos dois valores obtidos.

Segundo a norma NBR 5739 (ABNT, 2018), no caso de variação das dimensões dos corpos de prova, deve-se considerar a relação entre a altura e o diâmetro (h/d). Os corpos de prova de prova que apresentam relação $h/d < 1,94$, deve-se multiplicar o valor da força de ruptura pelo fator de correção correspondente à relação h/d encontrada, conforme o Quadro 02, adaptada da norma.

Quadro 02 - Fator de Correção.

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de Correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,86
Nota: valores intermediários devem ser interpolados					

Fonte: NBR 5739 (ABNT, 2018).

2.3.2 Durabilidade

Para a norma NBR 6118 (ABNT, 2014, p. 13), item 5.1.2.3, Durabilidade “consiste na capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo

autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”. No item 6.1 prescreve que “as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que [...], conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”.

Os tipos de manifestações que afetam a durabilidade podem atuar através de agentes externos suscetíveis ao concreto no estado endurecido e de forma interna enquanto o concreto encontra-se no estado fresco. As ações podem ser realizadas por fatores mecânicos, através de impactos, abrasão, erosão, cavitação, entre outros; podem ser de forma química incluindo as reações álcali-sílica e álcali-carbono no interior do concreto e ataques por sulfatos, cloretos e óxidos na parte externa ao concreto; além estarem suscetíveis às intempéries físicas causadas por diferenças de temperaturas (NEVILLE, 1997).

Impermeabilidade ou estanqueidade é considerado um fator primário preponderante no que se refere a durabilidade (METHA; MONTEIRO, 2008).

Para Neville e Brooks (2013) a permeabilidade é a capacidade que os fluídos líquidos ou gasosos têm de se locomover dentro do concreto, e ainda esclarecem que se aproveitando dessa característica os agentes externos se infiltram no concreto. Logo, conclui-se que o estudo da permeabilidade é fundamental para melhorar a durabilidade do concreto.

2.3.3 Trabalhabilidade/Consistência

A trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total. O trabalho interno útil é uma propriedade física inerente do concreto e é o trabalho ou energia exigida para vencer o atrito interno entre as partículas individuais do concreto (NEVILLE; BROOKS, 2013).

O componente físico mais importante da trabalhabilidade é a consistência, termo que, aplicado ao concreto, traduz propriedades intrínsecas da mistura fresca relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os elementos componentes, tendo em vista a uniformidade e a compacidade do concreto e o bom rendimento da execução (SOBRAL, 2000).

Há ensaios que podem ser empregados para avaliar diretamente a trabalhabilidade de um concreto, outros tantos medem apenas o índice de consistência, sendo a trabalhabilidade inferida a partir da observação da mistura durante a execução do ensaio, considerando sua coesão. Alguns podem fornecer informações absolutas, outros são particularmente úteis como elemento de comparação. O importante é sempre possuir referências que possam ser

empregadas para o julgamento deste parâmetro, trabalhabilidade, através de comparações, principalmente ao longo de uma concretagem (RECENA, 2015).

O método para avaliação da trabalhabilidade mais empregado, é o abatimento pelo tronco de cone segundo a norma NBR NM 67 (ABNT, 1998), mais conhecido como *Slump Test*, por sua extrema simplicidade de execução, rapidez, baixo custo e pela singeleza dos equipamentos empregados. De acordo com a norma NBR 12655 (ABNT, 2015), os ensaios de consistência pelo *Slump Test* devem ser realizados pelo construtor da obra conforme a norma.

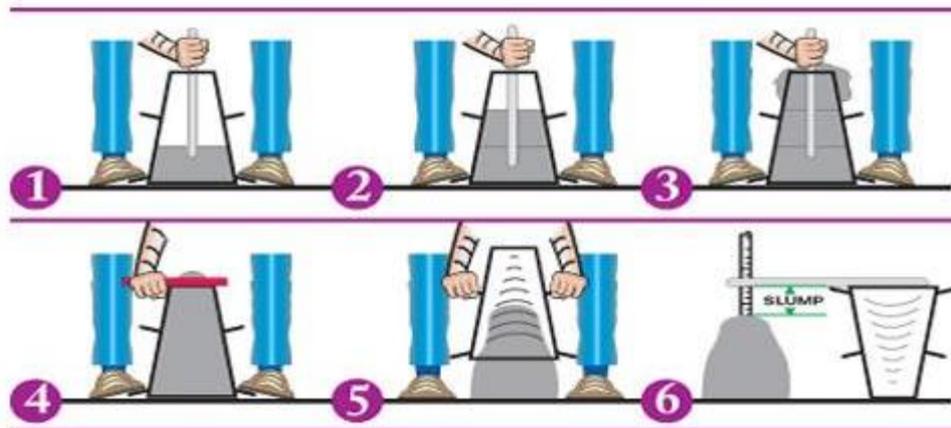
A norma NBR 12655 (ABNT, 2015) denota, para os concretos moldados *in loco*, as situações em que é preciso realizar o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco, conforme a norma NBR NM 67 (ABNT, 1998).

Os ensaios de consistência devem ser realizados sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

- a) na primeira amassada do dia;
- b) ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2h;
- c) na troca dos operadores;
- d) cada vez que forem moldados corpos de prova.

A Figura 01 mostra as fases do ensaio de abatimento do tronco de cone.

Figura 01 - Ensaio *Slump Test*.



Fonte: Mapa da obra (2020).

O ensaio do *Slump Test* tem seu resultado expresso em milímetros, e deve ser realizado a cada amassada de concreto como elemento de aceitação do mesmo antes do lançamento. Este ensaio é amplamente realizado nas obras brasileiras, tanto pela exigência normativa quanto pela simplicidade do ensaio.

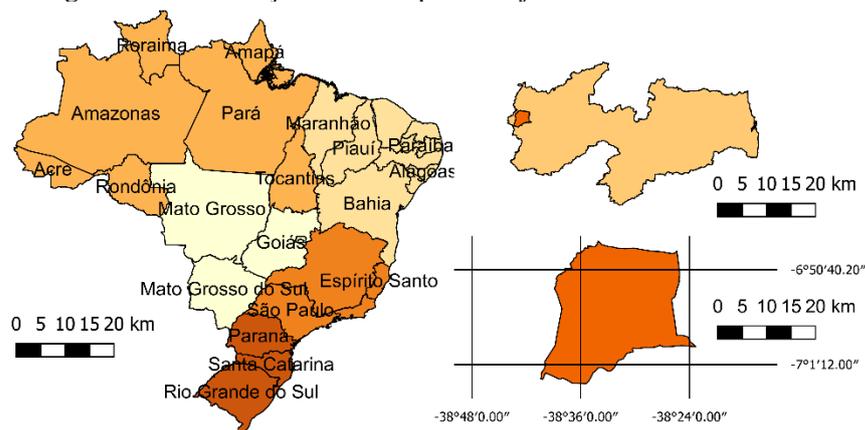
3 MATERIAIS E MÉTODOS

O padrão adotado para o presente trabalho é o científico, para isso foi necessário a utilização de padrões técnicos, com a utilização de Normas Regulamentadoras (NBR's), bem como a realização de experimentos em laboratório para se determinar o objeto de estudo. A pesquisa quanto a finalidade foi definida como aplicada. O trabalho possui uma abordagem qualitativa e quantitativa, buscando dados e conceitos necessários, mostrando resultados que dependem do esforço intelectual do pesquisador. A natureza da pesquisa quanto aos seus objetivos foi classificada como descritiva. No que se refere aos procedimentos técnicos é classificada como bibliográfica/estudo de caso e pesquisa de campo.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Cidade de Cajazeiras (Figura 02), localizada na extremidade ocidental da Paraíba, e que, segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), possui cerca de 62.289 habitantes em 2020. O município possui uma área de 562.703 km² e temperatura média de 25,9°C, apresenta um dos melhores Índices de Desenvolvimento da Paraíba.

Figura 02 - Localização do município de Cajazeiras-PB no Brasil.



Fonte: Autor (2020).

O município apresenta aproximadamente 94,4% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 8,3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio), ainda de acordo com o IBGE (2020).

3.2 CARACTERÍSTICA DAS AMOSTRAS

Para a realização dos ensaios de compressão axial, foram confeccionados corpos de prova em moldes metálicos com 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, disponibilizados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFPB), *Campus Cajazeiras*. Os responsáveis pelas obras disponibilizaram voluntariamente amostras de concreto. Foi coletado o seguinte acervo: 04 (quatro) corpos de prova de cada edificação, totalizando 16 corpos de prova, sendo 08 (oito) rompidos com idade de 7 (sete) dias e 08 (oito) com idade de 28 (vinte e oito) dias.

A Obra 01 fica localizada no centro da cidade, é considerada uma obra de médio porte e está sendo construída para fins comerciais, o recolhimento das amostras de concreto foi o referente às vigas baldrame. A edificação é composta por pavimento térreo e três pavimentos superiores, a resistência exigida no projeto estrutural é de 25 MPa.

A Obra 02 é localizada nas proximidades do Hospital Regional de Cajazeiras, encontra-se na fase final e trata-se de uma edificação destinada a uso residencial. A amostra corresponde ao concreto utilizado em laje treliçada da área externa. A resistência à compressão exigida em projeto aos 28 dias é de 25 MPa.

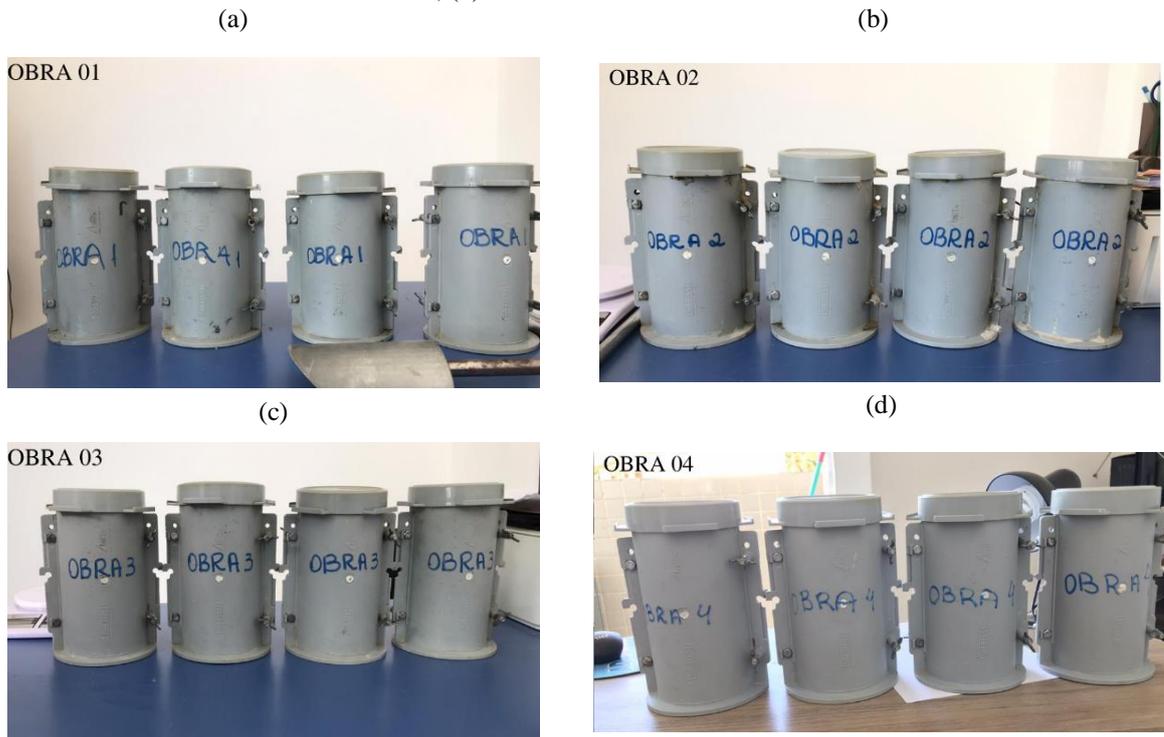
No que se refere a Obra 03, pode-se afirmar que é uma obra de médio porte, é composta por pavimento térreo e três pavimentos superiores. A edificação fica localizada na zona central da cidade, nas proximidades da feira livre e está na fase de fundação. O recolhimento das amostras de concreto dessa obra foi referente às sapatas isoladas, a resistência exigida para o projeto estrutural é de 25 MPa.

Já a Obra 04 fica localizada próximo ao Hospital Regional de Cajazeiras, e é considerada uma obra de médio porte, o projeto prevê que sejam construídos 16 pavimentos para uso residencial. A coleta de concreto das amostras corresponde ao utilizado nos pilares do reservatório, a resistência exigida também é de 25 MPa aos 28 dias.

Os traços utilizados nas obras foram dosados de diferentes formas. Nas Obras 02 e 03, o traço foi dosado utilizando latas de 18 litros, já na Obra 01 foi utilizado carrinho de mão (50 litros) e na Obra 04 foi utilizado padiola (50 x 35 x 20) cm. Todos os traços foram convertidos para um traço em massa.

A Figura 03 apresenta as amostras dos corpos de prova, separadas pelas obras onde foram colhidas as amostras.

Figura 03 – (a) Amostras analisadas da Obra 01; (b) Amostras analisadas da Obra 02; (c) Amostras analisadas da Obra 03; (d) Amostras analisadas da Obra 04.

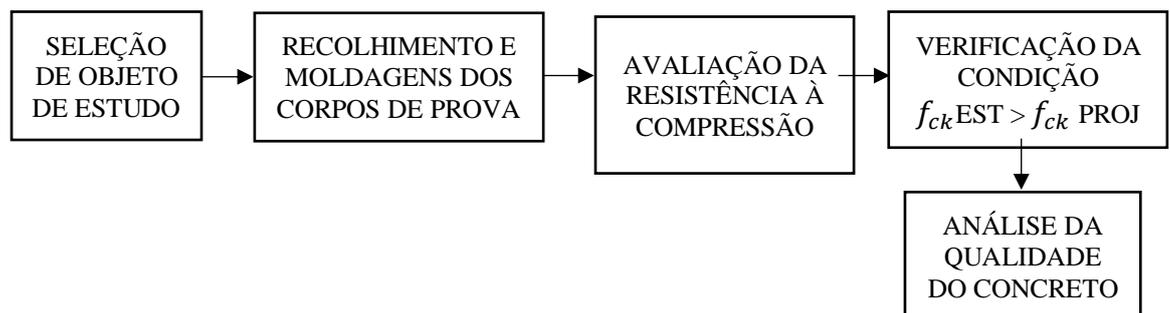


Fonte: Autor, 2020.

3.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

O organograma apresentado na Figura 04 descreve as etapas que a pesquisa seguiu durante o tempo de realização do estudo.

Figura 04 - Fluxograma com as etapas da pesquisa.



Fonte: Autor, 2020.

A amostragem do concreto, no Brasil, é regulamentada pela norma NBR 12655 (ABNT, 2015), segundo a qual, cada exemplar deve ser constituído por dois corpos de prova da mesma amassada, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato. A resistência do exemplar deve, então, ser tomada como o maior dos valores obtidos no ensaio à compressão, a ser realizado conforme a norma NBR 5739 (ABNT, 2018).

Para recolhimento das amostras dos concretos foram necessários os seguintes materiais/equipamentos: concreto (cedido pelos responsáveis da obra), haste de aço para adensamento, corpos de prova metálicos, concha, prensa hidráulica e retífica para o capeamento do material. A moldagem seguiu as determinações da norma NBR 5738 (ABNT, 2015).

O traço depois de calculado foi comparado com o traço padrão correspondente ao Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil – SINAPI (2019) apresentado no Quadro 01. O SINAPI leva em consideração a região do país e conseqüentemente torna-se o mais apropriado para a comparação, além de ser de um sistema público e de fácil acesso para os interessados.

O rompimento para análise da resistência à compressão ocorreu em duas idades: aos 07 (sete) dias e aos 28 (dias). A resistência à compressão foi determinada em prensa hidráulica. Antes da realização do rompimento foi realizado o capeamento em retífica, verificado a calibragem da prensa hidráulica e determinadas as dimensões dos corpos de prova.

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Análise de Solos no *Campus* Cajazeiras-IFPB. O ensaio a compressão foi guiado pela norma NBR NM 33 (ABNT, 1998).

Os resultados obtidos das dimensões e a massa dos corpos de prova, e as resistências à compressão foram lançados em planilhas do Excel e analisados posteriormente. Algumas fotografias foram produzidas e utilizadas para melhor analisar os procedimentos de fabricação do concreto, bem como para confirmar os procedimentos anteriormente citados.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

As Tabelas 01 a 08 e os Gráficos 01 a 04 expressam os valores numéricos dos resultados obtidos na realização dos testes de resistência à compressão e as características das amostras recolhidas nas obras em estudo.

A relação de água/cimento não foi medida em nenhuma das obras estudadas, uma vez que não é realizado nenhum controle da quantidade. Para Neville (2016), a água não age apenas no fator trabalhabilidade e resistência, exerce grande influência nos aspectos como pega, hidratação, retração por secagem, fluência, exsudação, facilita a entrada para os sais.

4.1 OBRA 01

A Tabela 01 apresenta as características dos corpos de prova referente à Obra 01, moldados no dia 03/08/2020, utilizando o traço 1:3,02:1,65.

Tabela 01 - Descrição dos corpos de prova – Obra 01.

DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA				
DATA DO ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (kg)
10/08/2020	7 dias	100,01	185,00	2,76
		100,02	190,00	2,80
31/08/2020	28 dias	99,03	187,00	2,75
		98,62	191,60	3,56

Fonte: Autor (2020).

A massa da amostra está diretamente ligada ao adensamento do concreto no molde, com isso, o corpo de prova que obteve a maior massa, em consequência de um melhor adensamento, foi correspondente ao valor de 3,56 kg, apresentando uma diferença de 0,81 kg do corpo de prova mais leve.

Na realização da moldagem dos corpos de prova, existiram algumas variâncias na altura e no diâmetro. Após a realização do capeamento dos corpos de prova na retífica, foram verificadas as dimensões finais.

A amostra que apresentou um valor mais distante da altura em relação ao molde metálico utilizado (200 mm), foi a correspondente ao valor de 185,0 mm, verificando-se uma redução de 7,5%. Já o valor do diâmetro mais distante foi 98,62 mm, representando uma redução de 1,38% em relação ao molde.

A Tabela 02 exhibe os valores de resistência dos corpos de prova da Obra 01.

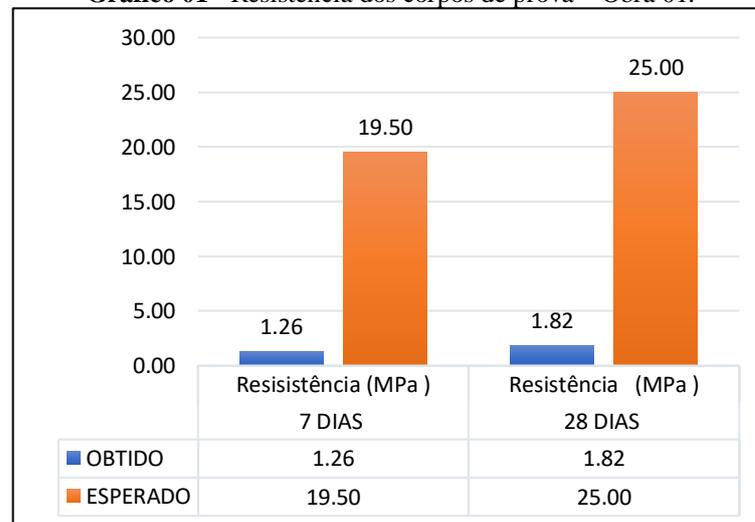
Tabela 02 - Valores da resistência à compressão – Obra 01

RESISTÊNCIA		
	7 DIAS	28 DIAS
ÁREA DE APLICAÇÃO (cm ²)	78,56	76,39
FORÇA DE RUPTURA (kgf)	1001,00	1400,00
RELAÇÃO h/d	1,85	1,94
FATOR DE CORREÇÃO	0,9880	0,9952
FORÇA DE RUPTURA CORRIGIDA (kgf)	988,98	1393,28
f_{ck} (MPa)	1,26	1,82

Fonte: Autor (2020).

Analisando os dados da Tabela 01, para a determinação da resistência da amostra, foi selecionado o corpo de prova com diâmetro de 100,01 mm aos 7 (sete) dias e com diâmetro de 98,62 mm aos 28 (vinte e oito) dias, correspondendo aos maiores valores das forças de ruptura.

O Gráfico 01 relaciona as idades de rompimento dos corpos de provas e suas respectivas resistências. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) a evolução da resistência à compressão do concreto prevista aos 7 dias gira em torno de 78% da sua resistência de projeto para 28 dias, valor este utilizado para fins de comparação.

Gráfico 01 - Resistência dos corpos de prova – Obra 01.

Fonte: Autor (2020).

Ao analisar os resultados na idade de 07 (sete) dias dos corpos de prova da Obra 01, foi verificado o valor de 1,26 MPa, caracterizando baixa resistência à compressão em comparação com o valor ideal de acordo com a norma supracitada.

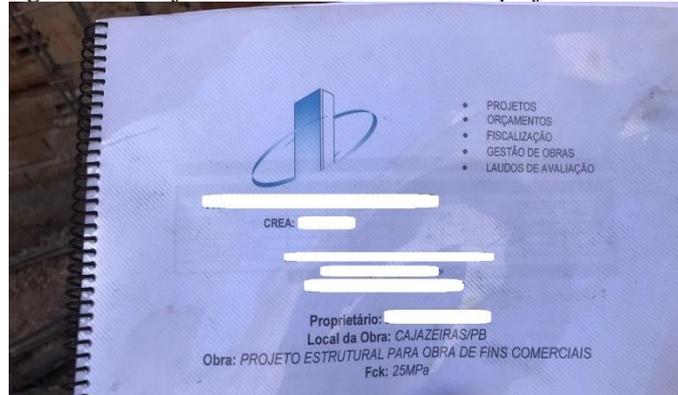
Verificando a relação h/d dos corpos de prova que apresentaram a maior força de ruptura em 07 (sete) e 28 (vinte e oito), foram obtidos os valores de 1,85 e 1,94 respectivamente.

De acordo com o Quadro 01, a correção teve mais influência na amostra de 07 (sete) dias, uma vez que, apresenta a relação h/d mais distante do valor 2,00, conforme norma, e

consequentemente um maior fator de correção. Esses valores podem ser consultados na Tabela 02.

Em relação a resistência à compressão aos 28 dias da Obra 01, foi obtido uma resistência de 1,82 MPa, representando um valor 92,72% abaixo da resistência de projeto (25 MPa), conforme mostrado na Figura 05.

Figura 05 - Projeto estrutural e resistência de projeto – Obra 01.



Fonte: Autor, 2020.

Os resultados da resistência obtida no 7º (sétimo) e no 28º (vigésimo oitavo) dia da Obra 01 demonstram claramente que houve uma variabilidade quase que desconsiderável na resistência, obtendo uma diferença no valor em torno de 0,56 MPa.

A Figura 06 apresenta o teste de resistência à compressão de um dos corpos de prova referente a Obra 01.

Figura 06 - Teste de resistência a compressão – Obra 01.



Fonte: Autor, 2020.

O traço em massa do SINAPI (2019) é de 1:2,3:3,5 e o traço executado na Obra 01 é de 1:3,2:1,65. Fazendo uma comparação entre esses traços correspondentes a resistência à

compressão de 25,0 MPa, observou-se que o valor da dosagem da brita está abaixo e a dosagem do agregado miúdo está acima do recomendado.

Na Obra 01, os agregados ficavam expostos ao tempo e aos agentes agressores, como chuva, vento e calor. A falta de um correto armazenamento pode ocasionar um desequilíbrio na relação água/cimento, visto que não existia nenhum controle de umidade dos materiais.

A baixa quantidade de brita no traço foi perceptível durante o recolhimento das amostras do concreto da Obra 01, no qual, foi observado no momento do procedimento dos golpes que o concreto naquele exato instante já apresentava visualmente e fisicamente, uma fluidez muito grande.

A dosagem do concreto na Obra 01 era realizada com latas de 18 litros e com auxílio da betoneira. O controle da composição do traço era realizado por um operário (servente) da obra, o mesmo que efetuava a mistura. Foi perceptível a rapidez na fabricação da massa, o que não garantia um tempo adequado de mistura íntima dos materiais componentes.

Todos esses fatores podem ser possíveis explicações para as resistências tão baixas.

4.2 OBRA 02

A Tabela 03 apresenta as características dos corpos de provas referentes à Obra 02, moldados no dia 03/08/2020, utilizando o traço 1:4,89:2,97.

Tabela 03 - Descrição dos corpos de prova – Obra 02.

DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA				
DATA DO ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (kg)
10/08/2020	7 dias	100,01	185,00	2,76
		100,01	175,00	2,57
31/08/2020	28 dias	100,06	187,43	3,38
		100,76	174,16	3,16

Fonte: Autor (2020).

O corpo de prova que obteve a maior massa foi correspondente ao valor de 3,38 kg, apresentando uma diferença de 0,62 kg do corpo de prova mais leve.

A amostra que apresentou um valor mais distante da altura em relação ao molde metálico utilizado (200 mm), foi a correspondente ao valor de 174,16 mm, verificando-se uma redução de 12,92%. Já o valor do diâmetro mais distante foi 100,76 mm, representando um aumento de 0,76% em relação ao molde.

A Tabela 04 exhibe os valores de resistência dos corpos de prova da Obra 02.

Tabela 04 - Valores da resistência à compressão – Obra 02.

RESISTÊNCIA		
	7 DIAS	28 DIAS
ÁREA DE APLICAÇÃO (cm ²)	78,56	78,63
FORÇA DE RUPTURA (kgf)	2200	4000
RELAÇÃO h/d	1,85	1,87
FATOR DE CORREÇÃO	0,9880	0,9896
FORÇA DE RUPTURA CORRIGIDA (kgf)	2173,6	3958,4
f_{ck} (MPa)	2,76	5,03

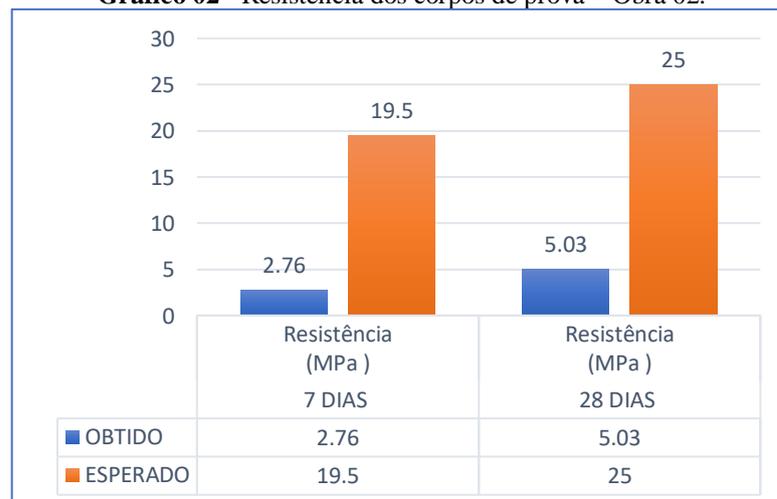
Fonte: Autor (2020).

Analisando os dados da Tabela 04, para a determinação da resistência da amostra, foi selecionado o corpo de prova com altura de 185,00 mm aos 7 (sete) dias e com altura de 187,43 mm aos 28 (vinte e oito) dias, correspondendo aos maiores valores das forças de ruptura.

O Gráfico 02 relaciona as idades de rompimento dos corpos de prova e suas respectivas resistências.

Ao analisar os resultados na idade de 7 dias dos corpos de prova da Obra 02, foi verificado um valor de 2,76 MPa, também, caracterizando uma baixa resistência à compressão em comparação com o valor ideal de acordo com a norma.

Em relação a resistência à compressão aos 28 dias, foi obtido também um valor muito abaixo da resistência de projeto. A resistência obtida foi de 5,03 MPa, enquanto que o ideal a ser atingido seria de 25 MPa.

Gráfico 02 - Resistência dos corpos de prova – Obra 02.

Fonte: Autor (2020).

A Figura 07 mostra o momento do rompimento de uma das amostras dos corpos de provas da Obra 02.

Figura 07 - Teste de resistência à compressão – Obra 02.



Fonte: Autor, 2020.

O concreto da Obra 02 refere-se ao utilizado em uma laje treliçada, conforme apresentado no item 3.2. Na Figura 08 é possível perceber que o lançamento do concreto sob a estrutura foi realizado com latas de 18 litros, as mesmas utilizadas para realizar a dosagem do material.

Analisando a resistência do concreto no 7º (sétimo) e no 28º (vigésimo oitavo) dia da Obra 02, percebe-se que houve também uma variabilidade muito baixa. A diferença entre as duas resistências corresponde ao valor de 2,27 MPa, o que significa que o concreto não ganhou muita resistência.

Figura 08 - Local de aplicação do concreto – Obra 02.



Fonte: Autor, 2020.

O traço em massa do SINAPI (2019) é de 1:2,3:3,5 e o traço executado na Obra 02 é de 1:4,89:2,97. Fazendo uma comparação entre esses traços, que corresponde a uma resistência à

compressão de 25 MPa, observou-se que o valor da dosagem da brita está também abaixo e a dosagem do agregado miúdo está acima do recomendado.

O armazenamento dos agregados, assim como os da Obra 01, são expostos aos agentes agressores e não passam por controle de umidade.

Na realização do traço da Obra 02, foi observado que é utilizado latas de 18 litros para coleta dos agregados e no momento de introduzir esse material na betoneira são empregados vários operários (serventes) na mesma atividade, ficando um desses no controle da betoneira e na computação da quantidade do material despejado, o que pode gerar erros e ocasionar falhas no processo executivo.

4.3 OBRA 03

A Tabela 05 apresenta as características dos corpos de prova referentes a Obra 03, moldados no dia 06/08/2020, utilizando o traço 1:2,17:3,56.

Tabela 05 - Descrição dos corpos de prova – Obra 03.

DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA				
DATA DO ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (kg)
13/08/2020	7 dias	101,01	195,00	3,63
		100,86	195,00	3,66
03/09/2020	28 dias	100,33	199,45	3,83
		101,14	198,09	3,84

Fonte: Autor (2020).

O corpo de prova que obteve o maior valor foi correspondente ao valor de 3,84 kg, apresentando uma diferença de 0,21 kg do corpo de prova mais leve. De todos os corpos de prova analisados, os da Obra 03 foram os que apresentaram a menor diferença em relação à massa, podendo afirmar dizer que estavam mais adensados que os demais, conforme análise visual. As Figuras 09 (a) e (b) mostram um dos resultados das medições do diâmetro e altura das amostras da Obra 03.

Figura 09 - (a) Medição do diâmetro e da massa e (b) Medição da altura nos corpos de prova – Obra 03.



Fonte: Autor, 2020.

A Tabela 06 exibe os valores de resistência dos corpos de prova que da Obra 03.

Tabela 06- Valores da resistência à compressão – Obra 03.

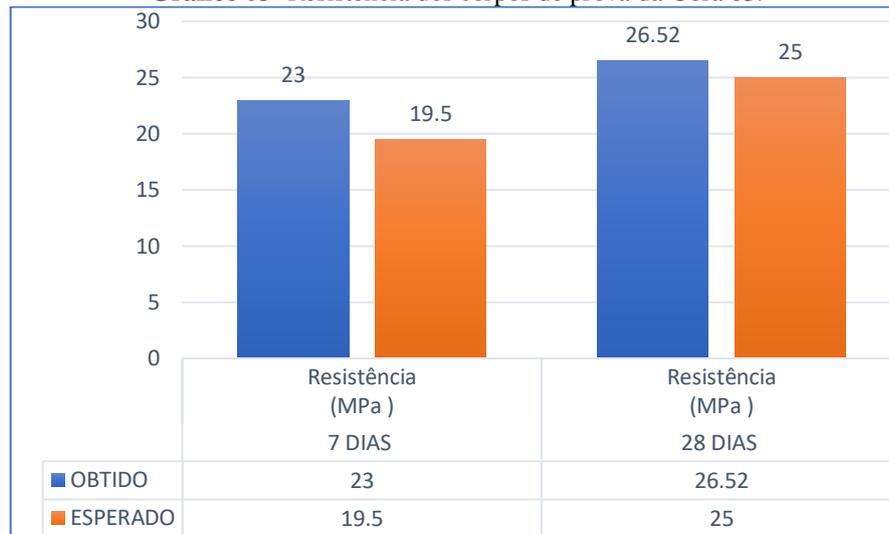
RESISTÊNCIA		
	7 DIAS	28 DIAS
ÁREA DE APLICAÇÃO (cm ²)	79,89	79,06
FORÇA DE RUPTURA (kgf)	18480	21000
RELAÇÃO h/d	1,93	1,98
FATOR DE CORREÇÃO	0,9944	0,9984
FORÇA DE RUPTURA CORRIGIDA (kgf)	18376,5	20966,4
f_{ck} (MPa)	23,00	26,52

Fonte: Autor, 2020.

Analisando os dados da Tabela 06, para a determinação da resistência da amostra, foi selecionado o corpo de prova com diâmetro de 100,86 mm aos 7 (sete) dias e com diâmetro de 100,33 mm aos 28 (vinte e oito) dias, correspondendo aos maiores valores das forças de ruptura.

O Gráfico 03 relaciona as idades de rompimento dos corpos de prova e suas respectivas resistências.

A resistência obtida após 7 (sete) dias ficou acima do valor previsto pela norma tendo sido obtida uma resistência à compressão de 23,00 MPa.

Gráfico 03- Resistência dos corpos de prova da Obra 03.

Fonte: Autor (2020).

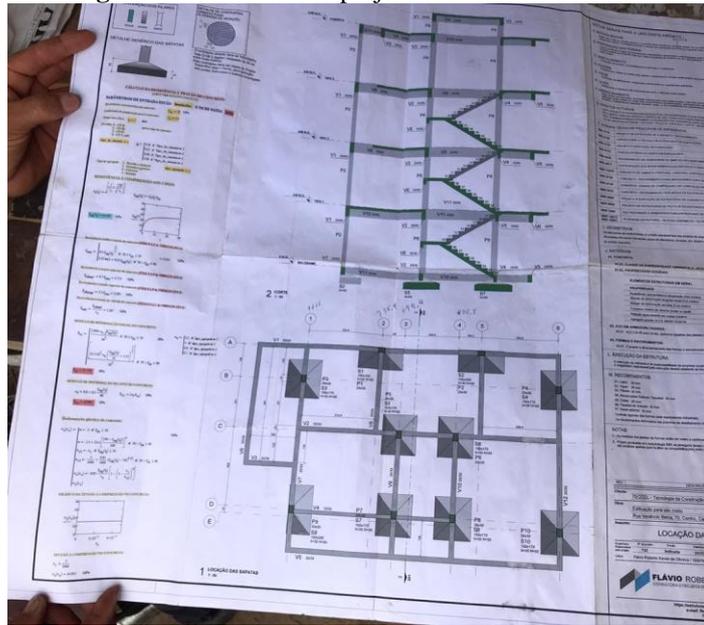
Em relação a resistência à compressão após 28 dias, foi obtido um valor satisfatório, e que diferentemente da Obra 01 e Obra 02 não é preocupante. A resistência obtida foi de 26,52MPa, enquanto que a resistência exigida em projeto é de 25 MPa. A Figura 10 mostra o momento do rompimento de uma das amostras dos corpos de prova da Obra 03.

Figura 10 - Teste de resistência à compressão – Obra 03.

Fonte: Autor, 2020.

De acordo com o SINAPI (2019) o traço para um concreto que tem como resistência exigida 25 MPa é de 1:2,3:3,5. Na Obra 03 o traço executado foi de 1:2,17:3,56, tornando-se o que mais se assemelha com o traço ideal, isso pode justificar o resultado satisfatório na resistência. Na Figura 11 é apresentado o projeto estrutural da edificação.

Figura 11 - Detalhes do projeto estrutural – Obra 03.



Fonte: Autor, 2020.

Diferentemente das outras obras estudadas, essa foi uma das únicas que contava com a presença de um técnico responsável pela execução e controle da dosagem do concreto.

O lançamento do concreto, assim como a coleta dos agregados era realizado em latas de 18 litros. Na Figura 12 (a) e (b) é possível perceber os operários fazendo a mistura do concreto na betoneira e o lançamento na estrutura.

Figura 12 - (a) Mistura do concreto na betoneira e (b) Lançamento do concreto na estrutura – Obra 03.



Fonte: Autor, 2020.

4.4 OBRA 04

A Tabela 07 apresenta as características dos corpos de provas referentes a Obra 04, moldados no dia 06/08/2020, utilizando o traço 1:3,17:2,31.

Tabela 07 - Descrição dos corpos de prova – Obra 04.

DESCRIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA				
DATA DO ROMPIMENTO	IDADE	DIÂMETRO (mm)	ALTURA (mm)	MASSA (kg)
13/08/2020	7 dias	100,75	195,00	3,80
		100,66	200,00	3,82
03/09/2020	28 dias	101,13	196,93	2,73
		101,14	195,83	3,69

Fonte: Autor (2020).

O corpo de prova com 3,82 kg corresponde ao de maior massa e apresenta uma diferença de 1,09 kg do corpo de prova mais leve. Pode-se dizer que a Obra 04 apresentou a maior diferença entre as massas dos corpos de prova.

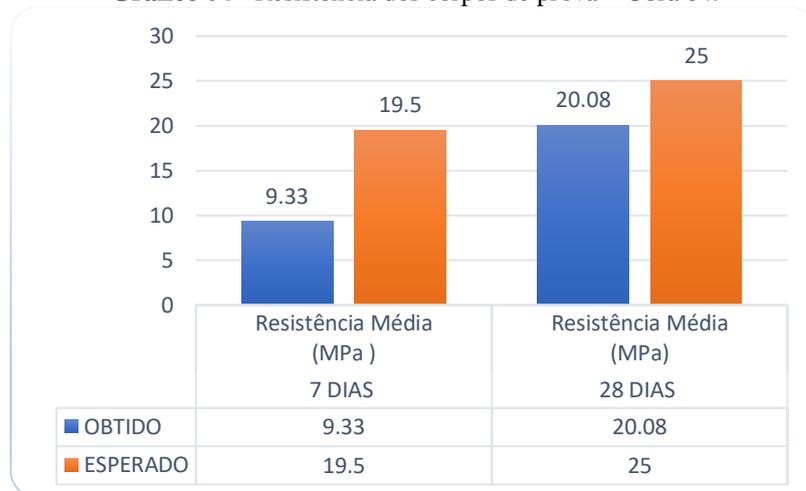
A Tabela 08 exibe os valores de resistência dos corpos de prova da Obra 04.

Tabela 08 - Valores da resistência à compressão – Obra 04.

RESISTÊNCIA		
	7 DIAS	28 DIAS
ÁREA DE APLICAÇÃO (cm ²)	79,58	80,32
FORÇA DE RUPTURA (kgf)	7440	16200
RELAÇÃO h/d	1,98	1,95
FATOR DE CORREÇÃO	0,9983	0,996
FORÇA DE RUPTURA CORRIGIDA (kgf)	7428,09	16135,2
f_{ck} (MPa)	9,33	20,08

Fonte: Autor, 2020.

Analisando os dados da Tabela 07, para a determinação da resistência da amostra, foi selecionado o corpo de prova com altura de 200,00 mm aos 7 (sete) dias e com altura de 196,93 mm aos 28 (vinte e oito) dias, correspondendo aos maiores valores das forças de ruptura.

Gráfico 04 - Resistência dos corpos de prova – Obra 04.

Fonte: Autor (2020).

O Gráfico 04 relaciona as idades de rompimento dos corpos de prova e suas respectivas resistências.

Observa-se que a resistência em 7 dias não atingiu o valor previsto em norma. O concreto atingiu uma resistência de 9,28 MPa, enquanto o esperado era de 19,5 MPa.

Aos 28 dias a resistência permaneceu abaixo da resistência de projeto. A resistência obtida foi de 20,79 MPa, enquanto a resistência exigida em projeto é de 25 MPa. A Figura 13 mostra o momento do rompimento de uma das amostras dos corpos de prova da Obra 04.

Figura 13 - Teste de resistência à compressão – Obra 04.

Fonte: Autor, 2020.

Realizando uma análise comparativa com o traço especificado pelo SINAPI (2019) para se obter concreto com 25 MPa, percebeu-se que houve uma discrepância nos valores referentes às dosagens tanto para a brita quanto para o agregado miúdo.

O traço de referência do SINAPI (2019) corresponde a 1:2,3:3,5, enquanto o executado na Obra 04 foi de 1:3,17:2,31. Sendo assim, o concreto possuía um acréscimo na dosagem de agregado miúdo e uma redução na dosagem da brita.

Na Obra 04 o traço era dosado com uso de padiolas e o controle da dosagem era realizado por 02 (dois) técnicos.

Em resumo, os traços e materiais utilizados nas obras em estudo podem ser vistos na Tabela 09.

Tabela 09 - Traços e características dos materiais utilizados.

OBRA	TRAÇO UNITÁRIO EM MASSA	TIPO DE CIMENTO	TIPO DE BRITA	TIPO DE AREIA	f_{ck}
OBRA 01	1:3,02:1,65	CPII-Z-32	19 mm	média	25 MPa
OBRA 02	1:4,89:2,97	CPII-Z-32	19 mm	média	25 MPa
OBRA 03	1:2,17:3,56	CPII-Z-32	19 mm	média	25 MPa
OBRA 04	1:3,17:2,31	CPII-Z-32	19 mm	média	25 MPa

Fonte: Autor (2020).

O traço que apresentou melhores resultados em termos de resistência à compressão, foi o da Obra 03. Seus valores se aproximaram bastante do traço fornecido pelo SINAPI (2019), com percentual de agregado miúdo menor do que o de agregado graúdo.

A proporção correta dos agregados influencia diretamente na resistência final da mistura. Foi observado que todos os traços apresentados no Quadro 01 dessa pesquisa, possuem a quantidade de brita superior a quantidade de areia. Isso acontece por razão da resistência, uma vez que, a brita, por ser constituída de material rochoso, apresenta uma grande capacidade de carga.

Nos traços das Obras 01, 02 e 04 o percentual de agregado miúdo apresentou valores acima do percentual de agregado graúdo. A brita possui excelente resistência mecânica e quando adicionada a argamassa com dosagens corretas pode oferecer uma maior resistência a mistura.

Assim, a resistência do concreto depende não apenas da qualidade dos constituintes, mas também, da sua dosagem, ou seja, a correta dosagem do concreto vai determinar a sua resistência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se realizar uma análise global dos resultados encontrados nos testes de resistência à compressão dos corpos de prova disponibilizados voluntariamente pelos responsáveis pelas Obras 01, 02, 03 e 04, todas em funcionamento na cidade de Cajazeiras-PB, chega-se à conclusão de que o concreto produzido *in loco* apresentou resultados de resistência inferior ao desejado em projeto.

As amostras de concreto foram recolhidas no estado fresco, ficando protegidos na obra, de agentes agressivos (chuva, vento e movimentações desnecessárias) por um período de 24 horas, e logo após foram desformados e colocados submersos em água (cura úmida) até o momento de seu rompimento, com os ensaios de compressão axial realizados nas idades de 7 e 28 dias. Essa condição de cura é ideal para que as partículas do cimento hidratem, propiciando uma maior resistência. Este fato torna-se mais preocupante, pois provavelmente a resistência do concreto em obra deve ser inferior às dos corpos de prova ensaiados.

As técnicas utilizadas quanto à mistura dos materiais componentes do concreto, foram cuidadosamente averiguadas, no entanto se observou em todas as obras que não há um controle da relação água/cimento referente a realização dos traços, esse descontrole contribui para a redução da resistência e qualidade do concreto.

Os agregados graúdos e miúdos nas obras visitadas ficam expostos ao tempo e aos agentes agressores, como chuva, vento, calor, influenciando diariamente na variabilidade das umidades dos materiais o que também pode proporcionar desequilíbrio na relação água/cimento, visto que não foi observado durante o preparo do concreto, nenhum controle de umidade dos materiais.

Deve-se salientar que todos os procedimentos para coleta, cura e análise do material disponibilizado seguiram rigorosamente as normas regulamentadoras já citadas anteriormente no corpo deste trabalho.

Essa pesquisa, com base nos resultados obtidos em laboratório através dos ensaios à compressão axial dos corpos de prova das obras 01, 02, 03 e 04, chega à conclusão que o concreto moldado *in loco* nas obras localizadas na cidade de Cajazeiras-PB, apresentaram qualidade insatisfatória, não atingindo em sua maioria o f_{ck} de projeto solicitado.

No que se refere aos procedimentos para a realização dos traços, os gestores deverão fazer ajustes no processo produtivo do concreto, controlando melhor a relação água/cimento; realizar acomodação adequada dos agregados e um controle maior da quantidade de materiais

que está sendo colocada nas betoneiras, tudo isso visando a elevar a qualidade da produção do concreto que está sendo produzindo *in loco*.

No trabalho realizado em campo, houve a compreensão e colaboração de todos os envolvidos, os responsáveis por todas as obras contribuíram diretamente para o desenvolvimento do estudo, liberaram materiais, disponibilizaram as informações necessárias, motivo pelo qual pôde-se afirmar que o trabalho mesmo apresentando resultados não desejáveis, trouxe benefícios para o desenvolvimento dessas obras e, num contexto geral, para construção civil.

Para futuros trabalhos, recomenda-se uma análise dos agregados graúdos e miúdos e da relação água/cimento, utilizados na produção do concreto, bem como a realização de um traço padrão em massa para realização da análise comparativa.

Infelizmente o tempo e as condições de pandemia vividas atualmente, dificultaram a análise precisa dos agregados em laboratório, justificando assim nossa sugestão de futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 2002. p. 03. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf> . Acesso em: 8 nov. 2020.

AOKI, J. **Adicionar água suplementar ao concreto ao concreto exige cuidados**. Cimento Itambé- Massa Cinzenta. Paraná. 2013. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/adicionar-agua-suplementar-ao-concreto-exige-cuidados/> . Acesso em: 28 dez. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Concreto**: Material construtivo mais consumido no mundo. Disponível em: <https://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento/> . Acesso em: 10 nov. 2020.

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

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 11768-1**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 11768-2**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 2: Ensaio de desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 11768-3**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 3: Ensaio de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 15900-1**: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR NM 33**: Concreto- Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **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**, vol. 1. Revisão técnica João Fernando Dias. 5. ed. Revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2018, 488p.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado eu te amo, para arquitetos.** 2. ed. São Paulo. Edgar Blucher, 2006.

HELENE, P. **A nova NB 1/2003 (NBR 6118) e a vida útil das estruturas de concreto.** In: II Seminário de Patologia das Edificações do LEME-UFRGS. Porto Alegre, 2004. 01-30p Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf>. Acesso em: 01 set. 2020.

HELENE, P; ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland.** São Paulo: Instituto Brasileiro do concreto. IBRACON. 2010. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>. Acesso em 16 nov. 2020.

HELENE, P; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do c0ncreto.** São Paulo: Pini; Brasília, DF: SENAI, 1992. Disponível em: https://www.academia.edu/31536239/Helene_e_Terzian_Manual_de_Dosagem_e_Control_e_Concreto. Acesso em 15 nov. 2020.

HELENE, P; TUTIKIAN, P. **Dosagem dos cimentos Portland.** São Paulo, Instituto Brasileiro do concreto: IBRACON. 2011. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2020.

HELENE, P; LEVY S.M. **Reciclagem de entulhos na construção civil e a solução política e ecologicamente correta.** Goiânia. Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassa. 1995. Disponível em: <http://www.resol.com.br/textos/Problemas%20gerados%20pelo%20Entulho.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO-IBRACON. **Concreto: o material mais utilizado no mundo.** São Paulo: IBRACON, 2009. **Revista Concreto e Construções INSS 1809-7197. Versão online.** Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Cidades e Estados-Cajazeiras-PB,** 2020. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/cajazeiras.html>. Acesso em: 27 nov. 2020.

MAPA DA OBRA. **Traço do concreto: controle de qualidade do concreto.** 2017. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/traco-de-concreto-controle-de-qualidade-do-concreto/>. Acesso em: 02 out. 2020.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais.** 3 ed. São Paulo. Instituto Brasileiro do concreto. IBRACON. 2008. Disponível:

<https://engucm.files.wordpress.com/2017/12/concreto-microestrutura-propriedades-e-materiais-paulo-monteiro.pdf>. Acesso em: 25 set. 2020.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ª ed. São Paulo: PINI, 1997.

_____. **Propriedades do concreto**. 5ª.ed. Tradução: Ruy Alberto Cremonini Porto Alegre: Bookman. 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CONTRUFÁCIL JR. **Dosagem do concreto o que é? Para que serve?** Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/dosagem-concreto/> 2019. Acesso em: 29 nov. 2020.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015. 121p.

_____. **Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland**. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017. 260p.

SISTEMA NACIONAL DE PREÇOS E ÍNDICES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL-SINAPI. **Caderno técnico de composição para produção do concreto**. Brasil. 2019. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT_LOTE1_CONCRETO_v006.pdf . Acesso em: 02 nov. 2020.

SOBRAL, H. S. **Propriedade do concreto no estado fresco**. 5. ed. São Paulo. Associação Brasileira de Cimento Portland. 2000. 36 p. ISBN 85-87024-43-4. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3089801/mod_resource/content/0/ET15.pdf. Acesso em: 28 nov. 2020.

TORRES FILHO, D. **Manual básico de materiais para construção** – 2ª ed. – Cajazeiras/PB: Gráfica Real, 2016, 171p.

VASCONCELOS, A. C. **O concreto no Brasil: recordes, realizações, história** – 2ª ed. – São Paulo: Composições, 1985.