

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

VERÔNICA ALVES DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO CONFORME A
ABNT NBR 12655 DE UM EMPREENDIMENTO LOCALIZADO NA CIDADE DE
PAULO AFONSO/ BA**

Delmiro Gouveia – AL

2023

VERÔNICA ALVES DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO
CONFORME AABNT NBR 12655 DE UM EMPREENDIMENTO
LOCALIZADO NA CIDADE DE PAULO AFONSO/ BA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Alexandre Nascimento de Lima.

Delmiro Gouveia –

AL2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

C331a Carvalho, Verônica Alves de

Avaliação do controle tecnológico do concreto conforme a ABNT 12655 de um empreendimento localizado na cidade de Paulo Afonso / BA / Verônica Alves de Carvalho. - 2023.

55 f. : il.

Orientação: Alexandre Nascimento de Lima.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Construção civil. 2. Controle tecnológico de concreto. 3. Corpos de prova. 4. Análise da resistência. 5. ABNT NBR 12655. 6. Paulo Afonso – Bahia. I. Lima, Alexandre Nascimento de. II. Título.

CDU: 624.012.45

FOLHA DE APROVAÇÃO

VERÔNICA ALVES DE CARVALHO

Avaliação do controle tecnológico do concreto conforme a ABNT NBR 12655 de um empreendimento localizado na cidade de Paulo Afonso/ BA

Monografia submetida à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 06 de abril de 2023.

Alexandre Nascimento de Lima

Msc., Alexandre Nascimento, UFAL (Orientador)

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
KARLISSON ANDRE NUNES DA SILVA
Data: 15/05/2023 11:21:36-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

(Msc., Karllisson André Nunes da Silva, UFAL) (Examinador Interno)

Eva Mariolla Souza Gomes

(Engenheira Civil, Eva Mariana Souza Gomes, UFAL) (Examinadora Externa)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora por permitir que eu chegasse até aqui, me mantendo firme mesmo com os problemas e dificuldades que surgiram durante esse período dedicado aos estudos.

Agradeço a minha família, pelo apoio quando foi necessário, em especial a minha mãe Maria pelas as orações e força que me passou sempre, meu pai Ailton, meus irmãos queridos: Lurdinha, Marcelo e Almir, que sempre transmitiram força e incentivo, minha sobrinha e afilhada amada Maria Isis, minhas primas que são irmãs de coração: Crislane, Crislene e em especial Thifanny que seguiu o curso de engenharia também e sempre apoiamos uma a outra em busca desse título no qual dedicamos essa realização de sonho a nossa querida avó Julinha e avô Antônio, in memória, que não conseguiram estarem presentes nesse momento mas que estão acompanhando ao lado de Deus.

Agradeço em especial, ao meu companheiro André que está comigo desde o início de tudo, me dando apoio e tendo paciência comigo quando as demandas do curso pareciam serem inalcançáveis e eu não tinha tempo e nem cabeça para mais nada além do curso.

Agradeço meu Orientador Msc., Alexandre Nascimento pela paciência e tempo de me ajudar nesse processo, mesmo quando eu não sabia exatamente qual caminho seguir e por me cobrar as entregas e incentivar a concluir logo essa etapa da graduação que particularmente acredito ser uma das mais árdua de finalizar.

Agradeço ao apoio de todos da turma 2015.2, eu sei o quanto o apoio de vocês me ajudaram a enfrentar as provas semestrais, vocês sempre foram espelhos para mim.

Agradeço em especial as minhas queridas amigas: Eva Mariana e Priscila Batista que estiveram comigo desde o início e sempre me incentivaram a seguir e nunca desistir dos obstáculos mesmo quando eu achei que não conseguiria, meninas vocês moram em meu coração e merecem todo o sucesso do mundo na vida de vocês. Agradeço a Jaine Dantas pelo apoio na reta final, desejo todo o sucesso do mundo para ti.

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo de caso da análise tecnológica do concreto utilizado em uma obra de médio porte, localizada na cidade de Paulo Afonso/BA. Realizou-se a averiguação da resistência dos corpos de prova, seguindo a regulamentação da NBR 12655 (ABNT, 2015c). Foram analisados 11 lotes, cuja separação dos lotes aconteceu por período. No empreendimento foi utilizado concreto usinado e concreto moldado *in loco*. Foi feita a confecção de corpos de prova, conforme o ensaio de consistência descrito no item 6.1 da NBR 12655 (ABNT, 2015). E foi feito o teste de abatimento do cone da moldagem dos corpos de prova, por meio de materiais fornecidos pelo Laboratório da Universidade Federal de Alagoas – Campus UFAL Sertão. A resistência solicitada em projeto foi de um f_{ck} de 25 MPa, com isso, dos 11 lotes, 7 apresentaram resistência de rompimento superior aos 25 MPa, estando assim em conformidade com a NBR 12655 (ABNT, 2015c), 3 lotes foram classificados como “não conformes”, de acordo com a Norma supracitada, e 1 dos lotes foi descartado em virtude do não cumprimento dos critérios estabelecidos para uma verificação da resistência condizentes com a regulamentação exigida. Para o presente trabalho foi utilizado o concreto convencional.

Palavras-chave: controle tecnológico do concreto; corpos de prova; análise da resistência.

ABSTRACT

This work presents a case study of the technological analysis of the concrete used in a medium-sized work, located in the city of Paulo Afonso/BA. The resistance of the specimens was investigated, following the regulations of NBR 12655 (ABNT, 2015c). 11 batches were analyzed, whose batches were separated by period. In the project, used concrete and cast-in-place concrete were used. Test specimens were made, according to the consistency test described in item 6.1 of NBR 12655 (ABNT, 2015). And the slump test of the molding cone of the specimens was carried out, using materials provided by the Laboratory of the Federal University of Alagoas - Campus UFAL Sertão. The resistance requested in the project was a f_{ck} of 25 MPa, therefore, of the 11 lots, 7 presented breaking strength higher than 25 MPa, thus being in compliance with NBR 12655 (ABNT, 2015c), 3 lots were classified as “non-compliant”, in accordance with the aforementioned Standard, and 1 of the batches was discarded due to non-compliance with the criteria established for a resistance check consistent with the required regulation. For the present work, conventional concrete was used.

Keywords: technological control of concrete; proof bodies; resistance analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Linha histórica simplificada de registro até o surgimento do cimento Portland.....	17
Figura 2– Mapa do Local da obra na cidade de Paulo Afonso.	28
Figura 3- Área total a ser construída.....	29
Figura 4- Planta de forma das fundações e vigas baldrame do bloco administrativo.	30
Figura 5- Planta de forma do primeiro pavimento do bloco Administrativo.....	30
Figura 6- Planta de forma do pavimento de cobertura do bloco Administrativo.....	31
Figura 7- Divisão dos lotes	34
Figura 8- Limpeza dos equipamentos e processo de aplicação do óleo queimado nos moldes.	36
Figura 9- Betoneira; central de material e Caixa d'água para armazenamento da água.....	37
Figura 10- concreto sendo rodado na betoneira.....	38
Figura 11- momento de retirar o cone no teste slump.	39
Figura 12- conferência da altura do teste slump na trena	39
Figura 13 - moldagem dos corpos de prova.....	40
Figura 14- corpos de prova desenformados.....	41
Figura 15- Corpos de prova sendo retirados da caixa d'água após a cura de 28 dias.....	42
Figura 16- Recebimento do concreto usinado	43
Figura 17-Conferência do lacre da betoneira.....	43
Figura 18- Conferência do lacre da betoneira na nota fiscal e volume de concreto.	44
Figura 19- Corpo de prova no Laboratório para ser rompido.....	45
Figura 20- Rompimento de corpo de prova na prensa hidráulica.....	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Agregados	20
Quadro 2 - Síntese histórica da evolução dos métodos de dosagem dos concretos	21
Quadro 3 - Sentido da evolução de diversos parâmetros da dosagem em função da trabalhabilidade, da resistência mecânica e do custo.	23
Quadro 4 - Sistema de garantia da qualidade	26
Quadro 5 - Valores máximos para a formação de lotes de concreto ^a	32
Quadro 6 - Valores de Ψ_6	33
Quadro 7 - Divisão dos lotes	33
Quadro 8 - Traço sugerido pela empresa terceirizada para execução do serviço.	36
Quadro 9 - Resumo do Traço com medidas da padiola e consumo de cimento e fator água/cimento.	37
Quadro 10 - Resultado da resistência dos lotes, conforme NBR 12655 (ABNT, 2015c).	48
Quadro 11 - Resultados de rompimento dos corpos de prova em 28 dias (MPa).	50
Quadro 12 - Conformidade dos exemplares, rastreabilidade e Resistência características dos lotes	51
Quadro 13 - Porcentagem de conformidade dos lotes	52

1. INTRODUÇÃO	SUMÁRIO.....	14
1.1. Justificativa		15
1.2. Objetivos Gerais.....		15
1.3. Objetivos Específicos.....		16
1.4. Estrutura do trabalho.....		16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....		17
2.1. Origem e histórico de utilização do concreto.....		17
2.2. Materiais componentes do concreto.....		18
2.2.1. Cimento Portland.....		18
2.2.2. Agregados		19
2.2.3. Aditivo		20
2.3. Concreto e seus métodos de produção e dosagem		20
2.4. Propriedades do concreto		24
2.4.1. Concreto fresco.....		24
2.4.2. Concreto endurecido.....		24
2.5. Controle tecnológico, qualidade e as Normas Brasileiras.....		25
2.6. Caso prático: Controle tecnológico do Concreto dos pilares da Obra do Hospital Regional de Delmiro Gouveia/AL.....		27
3. MATERIAIS E MÉTODOS		28
3.1. Local da obra.....		28
3.2. Concreto moldado <i>in loco</i>		34
3.3. Preparo dos materiais		35
3.4. Limpeza dos equipamentos.....		35
3.5. Medidas da padiola e traço do concreto		36
3.6. Mistura do concreto		37
3.7. Moldagem dos corpos de prova		40
3.8. Concreto usinado		42

3.9. Ensaio de compressão e rompimento em corpos de prova	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
6. REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

O material construtivo mais importante dos dias atuais é o concreto; o que possibilita dizer que ele é uma das descobertas mais interessantes dos últimos tempos, corroborando sua proeminência por todo o seu uso como constituição principal dos elementos construtivos das edificações (HELENE; ANDRADE, 2010).

O concreto pode ser abundantemente utilizado em diversas obras, fato esse possível por conta da sua versatilidade e poder estrutural. Com toda essa responsabilidade e por sua ampla utilização, é imprescindível que se faça o controle eficiente da qualidade deste material. A fim de quantificar o seu grande uso, estima-se que o consumo anual gira em torno de 11 bilhões de toneladas por ano, resultando numa média de cerca de 1,9 toneladas de concreto por hab/ano (PEDROSO, 2009 *apud* SILVA *et al*, 2020).

De acordo com Ribeiro *et al* (2016), o amplo uso do concreto traz muita preocupação quanto à qualidade do material adquirido/produzido em obras, seja ela de pequeno, médio ou grande porte. Dentre as propriedades mais prejudicadas, pode-se apontar a trabalhabilidade e a resistência mecânica, características essas que refletem diretamente nos parâmetros estruturais mínimas recomendadas pelas normas vigentes.

A variação na produção deste material construtivo, em obras de pequeno e médio porte, muitas vezes induzidos por sua forma de manuseio (manual ou mecanizado), causa grande preocupação em termos estruturais, motivados pelo não atendimento as medidas de cada componente. Ao fugir das determinações dos traços, por mais inofensiva que se pareça, compromete-se toda a construção e acaba afetando a resistência final do concreto, causando vulnerabilidade da estrutura em questão (SANTIAGO, 2011).

Para realizar o controle do concreto produzido e consequentemente as verificações posteriores nas propriedades de interesse, aplica-se o processo chamado de controle tecnológico. No Brasil, realizamos essa regulamentação seguindo a NBR 12655 (ABNT, 2015c), que tem por objetivo garantir a qualidade do concreto, normatizando todo o processo do início de produção, transporte até a construção, o recebimento do material e a fase de testes dos corpos de prova (ANDRADE, 2020).

O processo de produção de uma obra em concreto está sujeito a eventos de diversas naturezas. Assim, para garantir que as obras em concreto tenham satisfeitas as imposições de qualidade definidas em seu projeto estrutural, são necessários ensaios para verificar o estado de conformidade de seus elementos constituintes e também de suas propriedades.

Diante disso, seguindo a NBR 12655 (ABNT, 2015c), reforça-se a necessidade de realizar testes/ensaios que desenvolvam análises qualitativas e quantitativas dos concretos elaborados em obras, com o intuito de verificar em laboratórios a resistência mecânica à compressão, bem como a relação água/cimento e o consumo dos materiais utilizados. Com isso, consegue-se determinar os parâmetros relacionados aos corpos de prova estudados e se eles atingiram os limites mínimos estabelecidos em normas cujo objetivo são fins estruturais e, para o caso de os mesmos não atenderem a norma, pontuar a má qualidade do concreto.

1.1. Justificativa

Sabendo que quando não é garantido a segurança para o usuário do empreendimento, devido a não cumprimentos de técnicas de construção e aplicação de Normas, isso, consequentemente, diminui a credibilidade do responsável técnico da obra, visto que estas estão sempre sendo atualizadas justamente para atestar a segurança dos empreendimentos e servir de respaldo, suporte e apoio ao responsável técnico.

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015c), no item 4, cabe ao proprietário e responsável técnico documentar, a fim de comprovar e garantir o cumprimento da mesma quanto a qualidade do concreto utilizado na obra. Cabe também ao responsável técnico as atribuições quanto a escolha do traço e preparo do concreto, a adequação aos requisitos do projeto estrutural incluindo quais os materiais a serem empregados, sendo que, quando a escolha for o concreto usinado, sendo este responsável pela conferência e garantia da qualidade do concreto recebido, atentar-se quanto aos prazos de escoramentos e principalmente mapear e/ou rastrear a localização no empreendimento do concreto lançado seja ele usinado ou moldado *in loco*.

A partir dos dados apresentados por meio de revisão bibliográfica apresentada no decorrer do presente trabalho é possível verificar a importância de se fazer o controle tecnológico do concreto em obras, já que a falta deste serviço na obra desvaloriza o empreendimento, diminuindo a segurança por meio dos usuários, o que fragiliza a importância do responsável técnico no canteiro de obra.

1.2. Objetivos Gerais

Realizar estudo comparativo tanto no concreto usinado quanto no concreto produzido *in loco* utilizado em obra de médio porte na cidade de Paulo Afonso/BA, para

verificar a conformidade do material entregue, quanto aos parâmetros encontrados na NBR 12655 (ABNT, 2015c) e mencionados na literatura, com o intuito de atestar sua conformidade e condições finais.

1.3. Objetivos Específicos

- Analisar estatisticamente os dados coletados em campo.
- Promover as divisões e separação dos lotes conforme orientação da NBR 12655 (ABNT, 2015c).

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em capítulos. Na Introdução é tratado da importância do concreto na construção civil, destacando a necessidade de garantir a qualidade dos materiais e técnicas para a produção do mesmo. Na Fundamentação Teórica é feito um apanhado quanto a evolução das técnicas e materiais utilizados na produção do concreto, visando garantir a qualidade das construções e destacando a importância das Normas Brasileiras, em especial a NBR 12655 (ABNT, 2015c), que estabelece atribuições ao responsável técnico pelo controle tecnológico do concreto. No capítulo de Materiais e Métodos é abordado o passo a passo de como são feitos os testes e ensaios quanto a qualidade do concreto utilizado no empreendimento que é objeto de estudo de caso do presente trabalho, seguindo as Normas Brasileiras: NBR 12655 (ABNT, 2015), a NBR 5738 (ABNT, 2015a) e NBR 5739 (ABNT, 2018). No capítulo de Resultados e Discussões são apresentados os resultados quanto ao estudo de caso do presente trabalho e é feita uma análise discursiva a respeito dos dados relatados. Na Conclusão é feito um apurado referente aos dados apresentados com ênfase na importância do controle da qualidade do concreto utilizado no empreendimento em estudo. Por último estão as Referências utilizadas na construção do trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será feito um apanhado quanto ao histórico do concreto durante as gerações e sobre a importância do controle tecnológico do concreto, destacando a importância das Normas e salientando a necessidade de seguir as orientações das mesmas, destacando a NBR 12655 (ABNT, 2015c) na aplicação do controle tecnológico do Concreto.

2.1. Origem e histórico de utilização do concreto

A indústria da construção civil é uma das mais importantes, qualquer que seja o parâmetro que se utilize: capital circulante, número de pessoas empregadas, utilidade dos produtos e outros, sabendo-se que, tanto no Brasil quanto em outros países do mundo, um dos principais materiais utilizados é o concreto (HELENE *et al*, 2007).

É difícil determinar com precisão as primeiras construções que adotaram este tipo de material, uma vez que ele começou a ser utilizado na pré-história. Na pesquisa de Passos e Matheus (2016) foi feita uma revisão bibliográfica, onde datava desde os primeiros registros sobre a utilização de algum tipo de mistura que antecederia ao concreto, baseado em cimento como principal material aglomerante, até a sua utilização atual, no qual esse teve como o seu antecessor uma espécie de gesso calcinado. Assim como pode ser visto na Figura 1, O uso de materiais cimentícios não é uma exclusividade das civilizações atuais; muitos materiais semelhantes já foram utilizados pelo decorrer da história humana para modificar o meio ambiente.

Figura 1- Linha histórica simplificada de registro até o surgimento do cimento Portland.



Fonte: adaptado de Passos & Matheus (2016) e Silva (2017).

O desafio envolvendo as grandes construções levou a humanidade a procurar por materiais que possuíssem uma boa durabilidade e resistência para esforços solicitantes. Foi o caso de Jonh Smeaton que, em 1756, de acordo com a pesquisa de Passos e Matheus (2016), buscava um material aglomerante para ser utilizado na construção do farol de Eddystone, sendo assim um dos pioneiros que levou vários outros pesquisadores a estudar sobre este e outros materiais que, mais tarde, levaria a composição do concreto. Todavia, foi em 1824 que o engenheiro Joseph Aspdin levou o cimento ao seu auge, com o estabelecimento da patente que levou esse material cimentício a possuir o nome de cimento Portland, devido a dispor de semelhança com as rochas calcárias localizadas na península de Portland, que estava localizada ao lado sul da Inglaterra.

Apesar do cimento ter sido oficialmente descoberto ao fim de XIX, foi um dos materiais mais importantes e intensamente utilizados, gerando alto grau de dependência e consumo na indústria da construção civil, informação presente através dos estudos de Helena e Terzian (1992), Alencar (2008), Passos e Mateus (2016) e Silva (2017).

2.2. Materiais componentes do concreto

Sabendo que o concreto é uma mistura de aglomerante, agregados, água e aditivos, é de suma importância saber como ele é formado. É necessário compreender suas características mais predominantes, pois o concreto, no sentido mais amplo, é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Visto que Helene e Tutikian (2011) abordam em seus estudos, existem diversos tipos de misturas para o mesmo concreto. Afinal, a mistura é feita com base nos parâmetros solicitados pelo projeto e dos materiais presentes na região. Entretanto, ainda que os materiais sejam os mesmos, os autores levam em consideração a proporcionalidade nas misturas, já que os componentes colaboram entre si, lhe fornecendo as suas características.

2.2.1. Cimento Portland

O Cimento Portland é o nome dado ao cimento obtido pela mistura íntima de calcário, argila ou outros materiais silicosos, alumina e materiais que contenham óxido de ferro. Devido ao alto grau de complexidade na fabricação do cimento, estas passam por alto grau de controle de qualidade (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Os autores Helene e Terzian (1992), Helene e Tutikian (2011) e Neville e Brooks (2013) concordam que as características mais importantes do cimento portland, em se tratando de fabricação de concretos de base cimentícia, são a finura e a resistência a compressão, sendo que estes têm ligação direta com a hidratação da superfície das partículas do cimento e que o aumento da finura melhora a resistência e diminuem a exsudação e segregação. Enquanto que a resistência a compressão depende de ensaios para determinar o comportamento mecânico do cimento quando é imposto uma certa quantidade de cargas.

2.2.2. Agregados

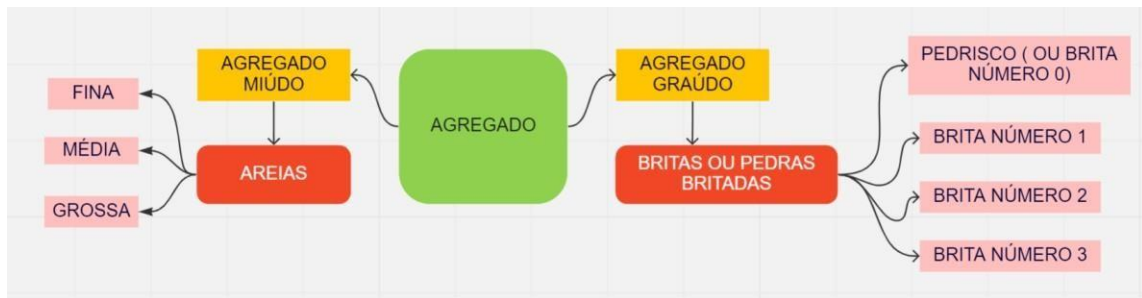
Conceitua-se, através da NBR 12655 (ABNT, 2015c) que agregado na construção civil é um elemento granular, frequentemente inerte, em que as suas dimensões e especificidade são apropriadas na fabricação de argamassa ou concreto. Complementando esta definição, a NBR 7211 (ABNT, 2005) participa pontuando que os agregados não devem, de maneira significativa, interferir na hidratação e o endurecimento do cimento, bem como deve ser relativo ao resguardo da área de aço contra a corrosão e para uma maior durabilidade do concreto.

Um agregado pode ser considerado como natural, quando ele é retirado já em fragmentos, como é o caso das areias e cascalho. Entretanto, os agregados conhecidos como artificiais, são aqueles que passam por algum tipo de processo como britagem e moagem (CETEM, 2012).

Ainda segundo o CETEM (2012), os agregados podem ser classificados como leves, pesados e normais. Porém, a NBR 17054 (ABNT, 2022), utiliza a classificação considerando o tamanho dos fragmentos, classificando os agregados em finos (até 0,2 mm), médios (entre 0,2 mm e 2 mm) e grossos (> 2 mm). Esta é a forma mais comum que a Norma utiliza, a nomenclatura grãos e miúdos como forma de distinção, como pode ser apresentado no Quadro 1, ou seja, por granulometria.

Outras formas de diferenciação entre os agregados de mesma categoria, se baseia em suas características como será pontuado nos itens específicos.

Quadro 1-Tipos de Agregados



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Passos e Mateus (2016), Silva (2017), Alencar (2008), Helene e Terzian (1992), NBR 12655 (ABNT, 2015c), NBR 7211 (ABNT, 2005).

2.2.3. Aditivo

Este componente do concreto é um produto adicionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidade não maior que 5 % da massa de material cimentício contida no concreto. De acordo com Helene e Terzian (1992), a NBR 12655 (ABNT, 2015), Helene e Andrade (2010) e outros pesquisadores, os aditivos têm a capacidade de alterar diversas características do concreto em seus mais variados estados físicos, sendo necessário estudos experimentais nos traços para definir as características desejadas. Os autores citam também uma variedade de tipos de aditivos que podem conceder ao concreto maior resistência, incorporar ar, aumentar ou retardar o tempo de pega e outras mudanças ou complementos.

2.3. Concreto e seus métodos de produção e dosagem

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015c), a produção de concreto deve ser baseada em estudos experimentais que comprovem a obtenção de concreto com qualidade satisfatória, devidamente documentados por meio de laudos técnicos no qual o profissional qualificado elabora.

Consoante com isso, faz-se necessário compreender que se entende por estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland os procedimentos necessários à obtenção da melhor proporção entre os materiais constitutivos do concreto, também conhecido por traço (HELENE *et al.*, 1992).

Este método, como pode ser verificado no Quadro 2, é composto por inúmeros estudos e experimentos que se completaram com o passar dos anos.

Quadro 2- Síntese histórica da evolução dos métodos de dosagem dos concretos.

Período	Pesquisador		Contribuição
Até 1891, "princípios da tecnologia de cimentos e argamassas"	Josepf Aspedin	1824	Patenteia processo de fabricação de cimento Portland.
	Louis Vicat	1828	Importância da granulometria da areia: inconvenientes do excesso de água.
	Rondelet	1830	Finura de areia é fundamental.
	Preádeau	1881	Fundamentos da granulometria descontínua.
1892 a 1951 "fundamentos dos métodos clássicos de dosagem"	René Féret	1892	Lei fundamental de correção entre resistência e compacidade.
	Fuller	1901	Curva de resistência (parábola) para granulometria ideal.
	Duff Abrams	1918	Lei universalmente aceita de correlação entre resistência e relação a/c; módulo de finura; cone de abatimento para medida de consistência.
	Bolomey	1925	Confirma modelos de Féret e Abrams e propõe método do módulo de finura no Brasil.
	Ary Sablon	1927	Princípios da granulometria descontínua.
	Inge Lyse	1932	Demonstra a importância da água por unidade de volume da definição da consistência do concreto.
	Lobo Carneiro	1937	Métodos de dosagem do INT com base nas curvas de Bolomey
	Blanks	1944	Texto consensual do ACI (na época 613, atual 211).
	Valette	1949	Método de dosagem com base na granulometria descontínua e água de molhagem.
	Petrucci	1951	Método de dosagem ITERS.
1936 a 1978 " Consideração dos parâmetros estatísticos"	Paula Sá	1936	Aplicação da estatística as características das madeiras.
	Oliveira	1939	Aplicação da estatística ao controle da resistência do concreto.
	Walker	1944	Aplicação dos conceitos da probabilidade à dosagem do concreto (1%)
	Morgan	1944	Dosagem do concreto com base em resistências mínimas (1,0%).
	Carneiros	1944	Dosagem do concreto com base em resistências mínimas (2,5%).
	Leme	1953	Conceito moderno de coeficiente de segurança.
	C&CA	1954	Simpósio sobre dosagem e controle da qualidade do concreto.
	Basílio	1954	Influência do coeficiente de variação na dosagem.

Fonte: Helene e Tutikian (2011).

Quadro 2 - Síntese histórica da evolução dos métodos de dosagem dos concretos. (Cont.)

Período	Pesquisador		Contribuição
1936 a 1978 "Consideração dos parâmetros estatísticos"	ABNT, NB-1	1960	Adota exclusivamente o coeficiente de variação como parâmetro característico da produção de concreto.
	CEB, CIB, FIP, Rilem,	1972	Privilegia o desvio-padrão como parâmetros característico da produção de concreto.
	ABNT NBR 6118	1978	Adota exclusivamente desvio-padrão como parâmetro característico da produção de concreto.
	ABNT NBR 12655	2000	Adota os dois parâmetros característicos da produção de concreto.
1950 a 1978 "teorias abrangentes"	L' Hermite	1950	Introduz o modelo reológico para representar o comportamento do concreto fresco.
	Tattersall	1957	Aprofunda os estudos de reologia.
	Bombied	1966	Aprofunda os estudos de reologia do concreto fresco correlacionando-o ao concreto endurecido.
	Powers	1968	Propõe um modelo abrangente de comportamento do concreto.
	Sobral	1977	Introduz o modelo Powers no Brasil.
	Camargo	1977	Propõe uma representação do comportamento resistente integral do concreto.
	Priazkulnik	1977	Introduz os modelos reológicos no Brasil.
	Tattersall	1978	Publica um resumo das teorias sobre reologia e trabalhabilidade dos concretos frescos.
1958 a 2011 "aperfeiçoamento, simplificações e extensão dos parâmetros de dosagem"	Kurt Walz	1958	Introduz a curva de referência da resistência do cimento com relação a/c.
	Murdock	1960	Apresenta uma fórmula simplificada de representação dos fatores que influem na trabalhabilidade.
	Priszulnik & Kirilos	1974	Introduzem o diagrama de dosagem dos concretos nos estudos de dosagem dos concretos.
	Fusco	1979	Ressalta a importância da variabilidade da resistência do cimento sobre a resistência do concreto.
	Rodrigues	1990	Apresenta a versão nacional do método de dosagem do ACI incluindo parâmetros obtidos das correlações atualizadas.
	Tango	1986	Publica aplicações do método IPT de dosagem.
	De Larrard	1990	Introduz conceitos de misturas compactas.
	Helene & Terzian	1992	Publicam manual sobre dosagem e controle dos concretos no Brasil.
	Geraldo Isaia	1995	Introduz conceito de misturas binárias e ternárias.
	Vitervo O'Reilly	1998	Introduz metodologia prática do obter misturas compactas.
	Bernardo Tutikian	2007	Publica métodos de dosagem para concretos auto adensáveis.
	Kosmatka & Wilson	2011	PCA publica 15ª versão do manual de dosagem dos concretos.

Fonte: Helene e Tutikian (2011).

Em complementar aos estudos e pesquisas, as Normas NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 7212 (ABNT, 2012), NBR 8953 (ABNT, 2015b), NBR 9062 (ABNT, 2017), NBR 12655 (ABNT, 2015c), NBR 14931 (ABNT, 2004), NBR 15900-1 (ABNT, 2009) e outras, auxiliam em todas as etapas da produção de concreto, desde o armazenamento de agregados até a maneira como deve ser aplicado.

Nos estudos de Helene e Terzian (1992), uma de suas conclusões estabelecidas foi que cabe ao tecnologista de concreto conciliar as demandas do projetista e das tecnologias disponíveis na atualidade; isto porque essas demandas representam respectivamente os estados do concreto endurecido e fresco, juntamente com o fator econômico. Pensando nisso, desenvolveu-se o Quadro 3, sobre o sentido da evolução de diversos parâmetros da dosagem em função da trabalhabilidade, da resistência mecânica e do custo.

Quadro 3 - Sentido da evolução de diversos parâmetros da dosagem em função da trabalhabilidade, da resistência mecânica e do custo.

Parâmetros de dosagem do concreto	Concreto fresco	Concreto endurecido	Para redução de custos
	Para uma boa trabalhabilidade	Para uma boa resistência	
Granulometria do agregado miúdo	De preferência fina	De preferência grossa	Grossa
Relação grão/ miúdo	A diminuir	A aumentar	A maior possível
Consumo de água	A aumentar até um certo ponto	A diminuir	A aumentar
Granulometria total	Preferível contínua	Preferível descontínua	A disponível
Dimensão máxima característica do agregado	De preferência média	De preferência pequena	A maior possível
Geometria do grão de agregado grão	De preferência esférica (pedregulho)	De preferência irregular (brita)	Esférica (pedregulho)

Fonte: Helene e Terzian (1992).

As pesquisas de Helene e Terzian (1992) salientam que a produção de concreto deve atender a cinco condições principais para que não venha ocorrer problemas futuros, sendo elas: a exigência de projeto, condições de exposição e operação, tipo de agregado disponível economicamente, técnicas de execução e custo. É possível aumentar a segurança do projeto, no que tange a durabilidade, acidentes e outros imprevistos, sejam eles imediatos ou não, tendo somente essas exigências em comprimento.

2.4. Propriedades do concreto

Segundo Helene e Terzian (1992), as principais propriedades do concreto endurecido são normalmente expressas pelo projetista das estruturas, enquanto as propriedades do concreto fresco são determinadas pelos equipamentos e técnicas de execução. Todavia, o tecnologista somente pode reduzir ou aumentar a intensidade dessas características; afinal, elas são inerentes ao concreto, em se tratando de concretos comuns.

Cabe ressaltar que existem diversos tipos de concreto que são considerados concretos especiais, sendo eles: de alta resistência, de alto desempenho, auto adensável, massa, rolado, leve, pesado, com resíduos reciclados, projetado, com polímeros, fibras, colorido, branco, graute, com aditivos e adições especiais, e os concretos do futuro. Estes concretos são produzidos para possuir propriedades especiais, como cura interna, condutividade elétrica, autolimpeza e outras (HELENE; TERZIAN, 1992).

Verifica-se nos estudos de Helene e Andrade (2010) que a fase fresca do concreto compreende um período de 1h a 5h (incluído o tempo de pega), enquanto o período endurecido, em geral, tem o mesmo período de vida da estrutura, sendo que, em cada fase, tem as características em comum, bem como as suas propriedades individuais.

2.4.1. Concreto fresco

Nas pesquisas de Neville e Brooks (2013), é citada uma lista de propriedades do concreto fresco. São elas: trabalhabilidade, coesão, segregação, exsudação, massa específica e outras. Todas com os limites inferiores e superiores de aceitabilidade. Vale destacar que a trabalhabilidade é uma das principais características do concreto nesse estado, visto que, segundo Helene e Andrade (2010), o concreto estará ligado diretamente aos métodos e tecnologias que será utilizado em sua aplicação, podendo facilitar ou limitar os serviços.

2.4.2. Concreto endurecido

Nas pesquisas de Tutikian (2007), o autor cita algumas propriedades do concreto endurecido, sendo elas: resistência a carbonatação, resistência a abrasão, resistência a penetração, deformação sob carga, resistência a compressão, módulo de elasticidade e resistência a flexão.

Ainda de acordo com Tutikian (2007) e as necessidades de projeto, a NBR 5739 (ABNT, 2018) é responsável pelos procedimentos de amostras para os testes de compressão, e a NBR 12655 (ABNT, 2015c) orienta uma série de testes que devem ser feitos no concreto endurecido ou a norma ao qual a mistura deve estar adequada. A NBR 6118 (ABNT, 2014) pontua valores máximos e mínimos para as características dos concretos em projetos específicos, levando em consideração as suas propriedades e os parâmetros dos projetos em questão.

A grande exigência requerida para um projeto é a resistência à compressão do concreto. Os ensaios de corpos de prova são de extrema importância para que se saiba a resistência do concreto numa determinada idade. Este concreto é feito a partir de um estudo de dosagem onde se procura melhor aproveitar os materiais a fim de obter um resultado final econômico, prático e funcional que atenda as especificações necessárias.

O ensaio de resistência à compressão é o mais indicado para avaliar essas características, principalmente quando se tratam de materiais frágeis, como ferro fundido, madeira, pedra e concreto. É também recomendado para produtos acabados, como molas e tubos. Porém, não se costuma utilizar ensaios de compressão para os metais, conforme destaca a NBR 14931 (ABNT, 2004).

2.5. Controle tecnológico, qualidade e as Normas Brasileiras

Pode-se dizer, que desde o início do desenvolvimento dos primeiros traços de concreto, já havia uma preocupação com a qualidade das estruturas, sabendo que as tecnologias passadas não eram obviamente tão desenvolvidas assim (HELENE; TERZIAN, 1992). Já que a preocupação com o desenvolvimento de uma mistura segura, de fácil acesso e baixo custo, que viesse proporcionar uma segurança nas edificações, foi, e ainda é, motivo de busca constante para os pesquisadores.

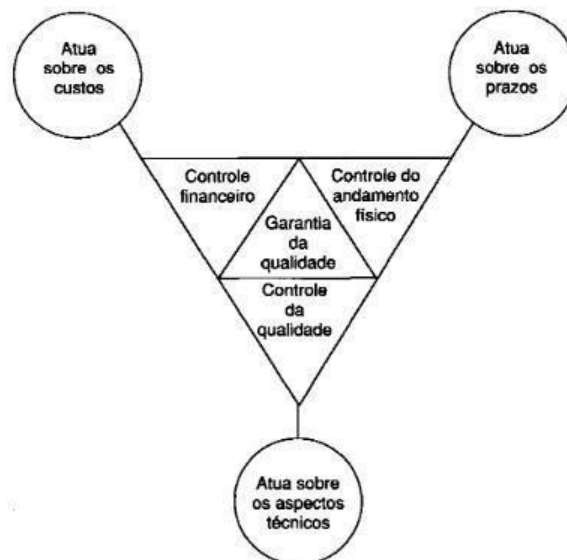
A importância de fazer o Controle Tecnológico do Concreto está diretamente ligado à segurança das estruturas, já que, caso ocorra a confirmação da não conformidade da amostra apresentada resultante da baixa resistência à compressão em comparação a resistência apresentada em projeto, é necessário fazer um reforço estrutural, às vezes sendo aliado também com a limitação da utilização da estrutura (SANTIAGO, 2011).

Todavia, há uma necessidade de normalização dos produtos iniciais e finais na produção de concreto, visto que, apesar de serem usadas as mesmas substâncias, se estas forem usadas em proporções diferentes, podem aumentar ou reduzir certas características necessárias

para a edificação, assim como pode ser visto nos estudos de Tutikian (2007), Helene e Andrade (2010), Neville e Brooks (2013) e principalmente em Helene e Terzian (1992), que desenvolveu um manual de dosagem e controle de concreto.

Helene e Terzian (1992) propõem em seus estudos que, se tratando de garantia da qualidade, há uma necessidade de um sistema que englobe em seu escopo, todas as atividades relacionadas na obtenção e uso da mistura final. Esse sistema de garantia de qualidade deveria seguir os aspectos apontados no Quadro 4, no qual temos a importância do controle financeiro na atuação sobre os custos, temos também o controle do andamento físico na atuação sobre os prazos e temos o controle da qualidade que atua sobre os aspectos técnico, pois consequentemente à aplicação dos três parâmetros em obra é possível obter a garantia da qualidade do empreendimento.

Quadro 4- Sistema de garantia da qualidade.



Fonte: Helene e Terzian (1992).

Logo, levando em consideração a necessidade de padronização e garantia de qualidade, as Normas Brasileiras tratam de diversos testes e “receitas” a serem seguidas. Estas instruções passaram por diversos estudos e experimentos que comprovaram sua eficácia no tempo. No Brasil as normas utilizadas para as verificações e garantias dos projetos e seus materiais são: no alcance da resistência à compressão do concreto, a metodologia dos ensaios é especificada na NBR 5738 (ABNT, 2015a) e NBR 5739 (ABNT, 2018); para o preparo,

controle, recebimento, aceitação e para a determinação do procedimento de estruturas de concreto a metodologia é especificada na NBR 12655 (ABNT, 2015c) e para a execução de estruturas de concreto no que conta ao procedimento a metodologia é especificada na NBR 14931 (ABNT, 2004).

Ainda existem inúmeras outras normas, dependendo dos fatores a serem abordados na edificação, em quais quer que sejam as suas etapas e necessidades, como é o exemplo da NBR 8953 (ABNT, 2015b) que trata da classificação de concreto para fins estruturais.

A NBR 12655 (ABNT, 2015c) classifica em conforme e não conforme as amostras apresentadas do concreto por meio dos corpos de provas. E ainda, de acordo com a mesma Norma, existem duas maneiras de se analisar as amostras apresentadas, sendo elas de forma parcial ou de forma de amostragem total (ANDRADE, 2020).

Para cada uma das formas de amostragem escolhida, a Norma estabelece parâmetros de cálculos diferentes para checar a conformidade ou não conformidade do concreto utilizado.

2.6. Caso prático: Controle tecnológico do Concreto dos pilares da Obra do Hospital Regional de Delmiro Gouveia/AL

Foi utilizado como base para o estudo de caso do presente trabalho, a análise do concreto da obra do Hospital Regional de Delmiro Gouveia/AL, sendo esse empreendimento objeto de estudo no qual Silva *et al.* (2020) fizeram o controle tecnológico do concreto dos pilares da obra do mesmo.

O estudo analisou 15 lotes, no qual se tem como resistência de projeto do concreto 35 MPa. Foi feita tanto a análise comparativa do valor de resistência do concreto obtido a partir do rompimento do corpo de prova com o valor da resistência do concreto apresentado no projeto, com o auxílio da aplicação dos métodos de separação dos lotes e determinação dos valores de resistência dos exemplares a partir da aplicação dos métodos da NBR 12655 (ABNT, 2015c), assim como se fez também a avaliação da eficiência das operações do ensaio com o auxílio dos métodos aplicados da NBR 5739 (ABNT, 2018), no qual estabelece os níveis determinados pela mesma.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

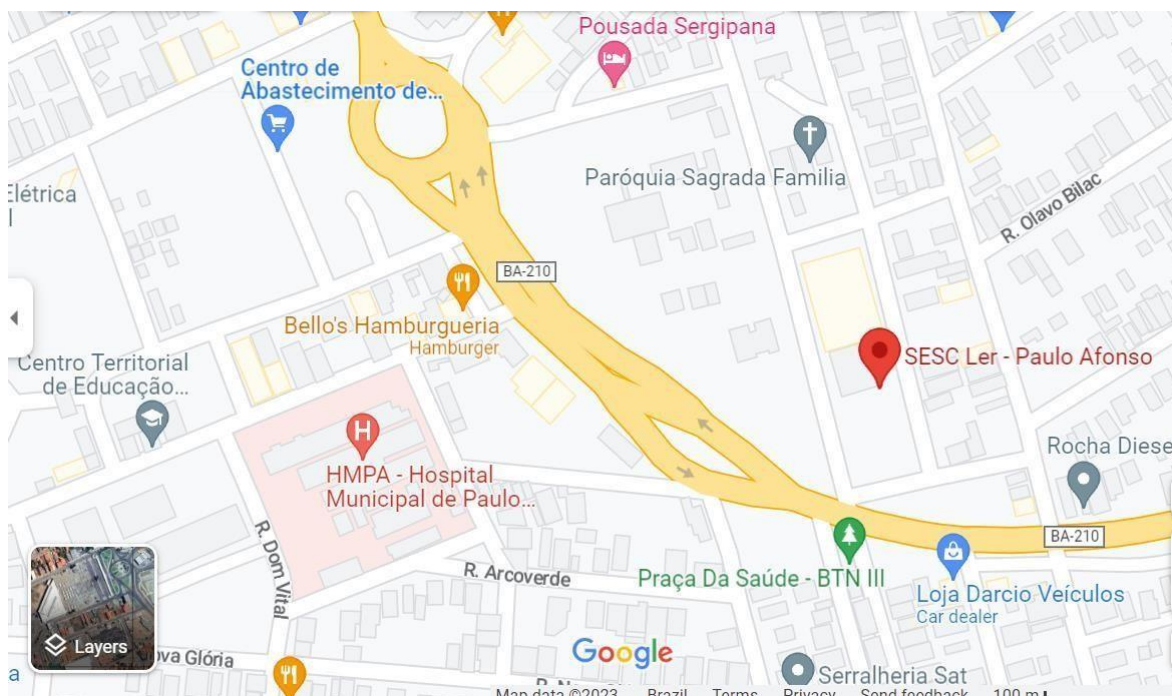
Neste capítulo, será abordado a metodologia para realização do ensaio de resistência dos corpos de prova mediante a separação dos lotes para averiguar a conformidade ou não conformidade dos mesmos, afim de atestar se os lotes das amostras de concretagem serão aprovados ou não aprovados conforme estabelece a NBR 12655 (ABNT, 2015c).

3.1. Local da obra

A obra, fruto dos estudos de qualidade do concreto, trata-se da ampliação de uma instituição de ensino infanto-juvenil de médio porte, localizada na cidade de Paulo Afonso/BA, com início das obras em setembro de 2021 e previsão de conclusão em dezembro de 2022.

A cidade compreende um total de 119.213 mil habitantes segundo dados do IBGE (2021), contempla uma área de 1.544.388 km², localizada as margens dos cânions do Rio São Francisco. Faz divisa com os estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco, assim como mostra a Figura 2, sendo uma cidade construída a partir da construção das Obras da Companhia Hidroelétrica do São Francisco-CHESF, tendo 5 usinas em funcionamento na cidade (Usinas: Paulo Afonso I, Paulo Afonso II, Paulo Afonso III, Paulo Afonso IV e Apolônio Sales).

Figura 2– Mapa do Local da obra na cidade de Paulo Afonso.

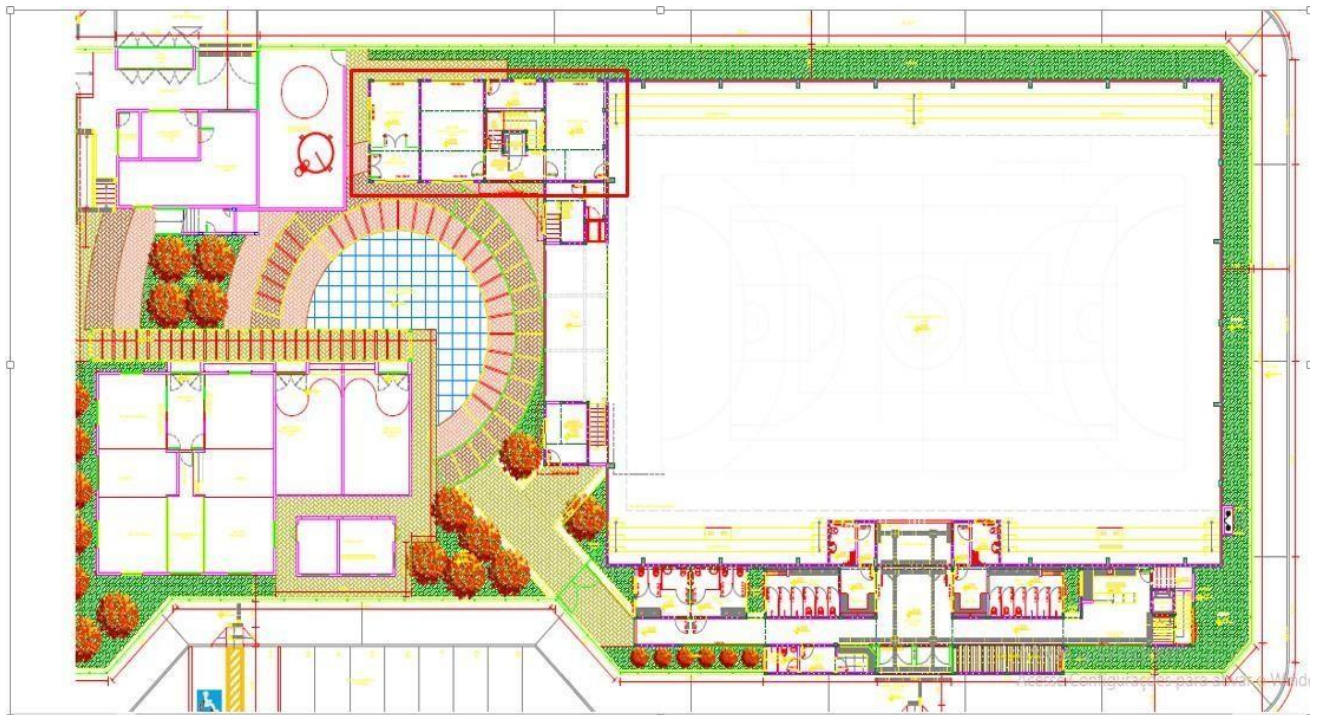


Fonte: <https://www.cidade-brasil.com.br/mapa-paulo-afonso.html> (2023).

A obra em estudo abrange uma área construída de 3008,8 m² total, sendo 128,34 m² de área destinada ao bloco Administrativo no qual serve de estudo de caso para o presente trabalho. Apresentando a Resistência característica à compressão do concreto (fck) estabelecido no projeto estrutural de 25 MPa, utilizou a divisão de lotes conforme orientação da NBR 12655 (ABNT, 2015c) com o intuito de verificar a conformidade dos lotes de concreto utilizado no período de novembro de 2021 a maio de 2022 em peças estruturais de: fundação, vigas baldrame, pilares, vigas e lajes.

Na Figura 3 é apresentado a distribuição da Obra, no qual temos o bloco administrativo localizado na parte superior na figura, ao lado do quadro poliesportivo.

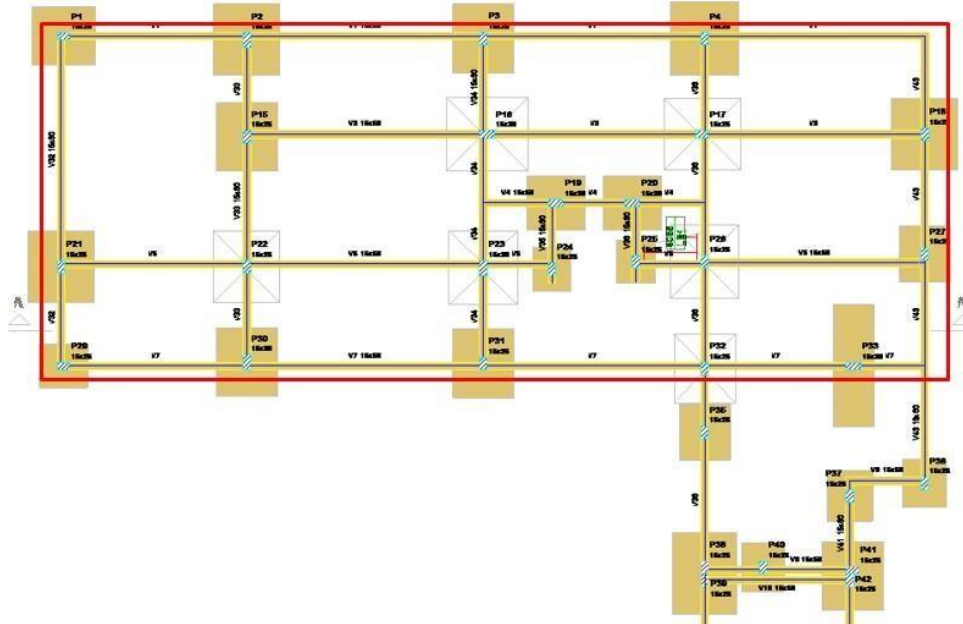
Figura 3- Área total a ser construída



Fonte: Autora (2022).

Nas etapas de locação da obra, carpintaria e conferência das medidas das peças estruturais, faz-se necessário a utilização das plantas de formas. Para o bloco administrativo, contornado em vermelho na Figura 4, temos 28 sapatas e pilares, e temos 18 vigas baldrame conforme podem ser observados a seguir.

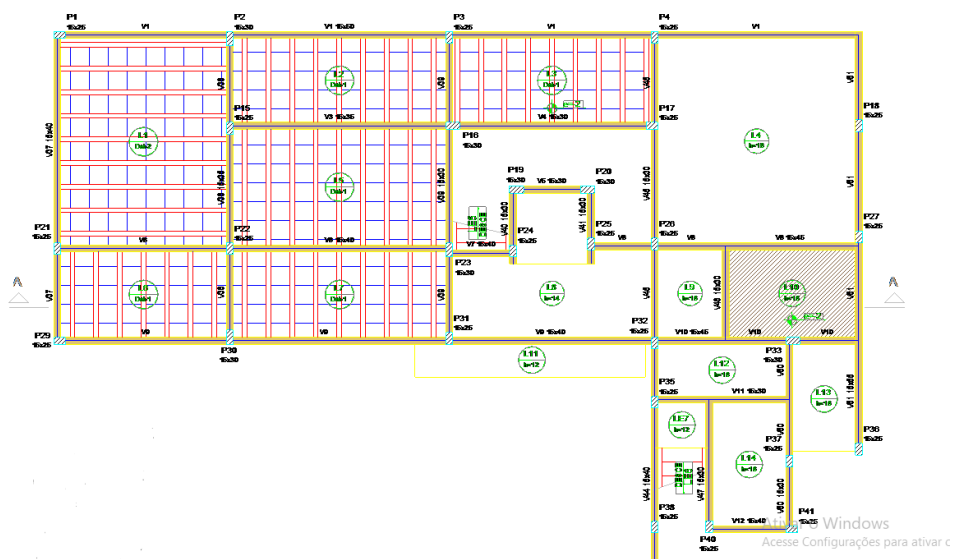
Figura 4- Planta de forma das fundações e vigas baldrame do bloco administrativo.



Fonte: Autora (2022).

Para o pavimento superior temos 22 vigas, 28 pilares que seguem até o pavimento de cobertura e temos 6 lajes treliçadas e 10 lajes maciças conforme pode ser observada na Figura 5.

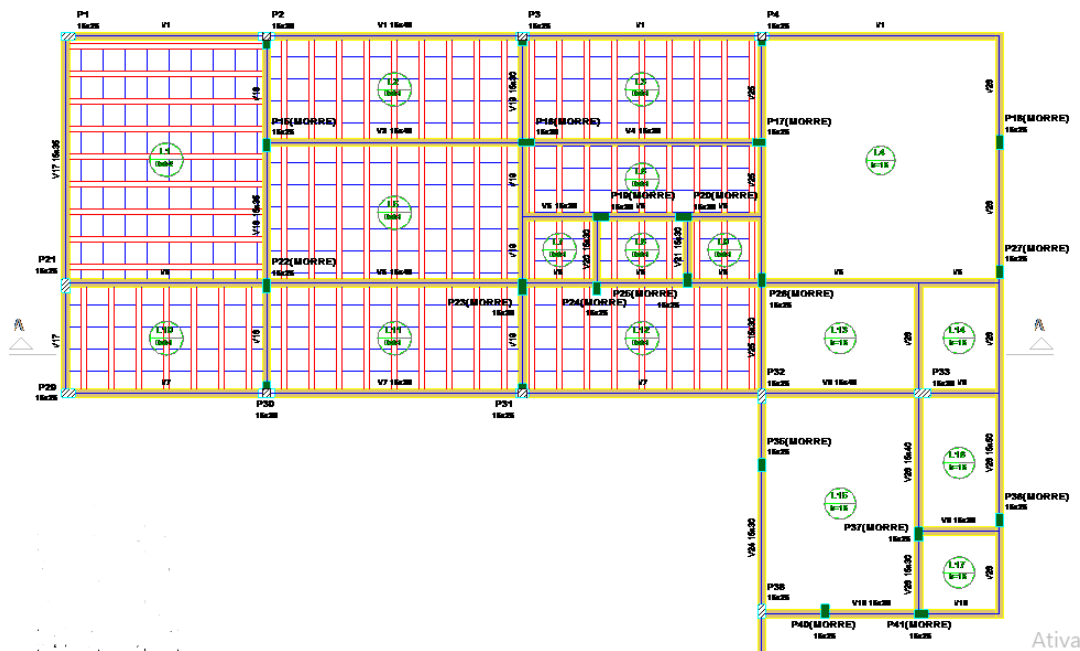
Figura 5- Planta de forma do primeiro pavimento do bloco Administrativo.



Fonte: Autora (2022).

Para o pavimento de cobertura temos 19 vigas, dos 28 pilares 11 pilares que seguem para a platibanda com uma seção menor e 17 pilares que “morrem” no pavimento cobertura. Temos 11 lajes treliçadas e 6 lajes maciças conforme podem ser observadas na Figura 6.

Figura 6- Planta de forma do pavimento de cobertura do bloco Administrativo.



Fonte: Autora, 2022.

Seguindo o item 6.2.1 da NBR 12655 (ABNT, 2015c) apresentada no Quadro 5, para a formação dos lotes faz-se necessário separar ou por itens, como é o caso de pilares, juntamente com blocos de fundação com volumes de até 50 m^3 de concreto por lotes e vigas e lajes com volume máximo de 100 m^3 no mesmo lote, ou ainda separar os lotes por período de até 7 dias, incluindo 3 datas de concretagem apenas para esse período.

Para o presente estudo de caso foi adotado a separação de lotes por período, ou seja, cada lote tem amostras de concreto lançado em até três datas próximas dentro de um período de 7 dias corridos.

Quadro 5- Valores máximos para a formação de lotes de concreto ^a

Identificação (o mais exigente para cada caso)	Solicitação principal dos elementos da estrutura	
	Compressão ou compressão e flexão	flexão simples ^b
Volume de concreto	50 m ³	100 m ³
Número de andares	1	1
Tempo de concretagem	Três dias de concretagem ^c	
a: No caso de controle por amostragem total, cada betonada deve ser considerada um lote, conforme 6.2.31 b: No caso de complemento de pilar, o concreto faz parte do volume do lote de lajes e vigas c: Este período deve estar compreendido no prazo total máxima de sete dias, que inclui eventuais interrupções para tratamentos de juntas.		

Fonte: NBR 12655 (ABNT, 2015c)

Levando em consideração que o volume de concreto para cada uma das etapas de concretagem do bloco do administrativo seria próximo de 10 m³ e teríamos no máximo 4 exemplares apenas, foi escolhido utilizar o método descrito no item 6.2.3.3 da NBR 12655 (ABNT, 2015c), que leva em consideração essa informação de lotes com até 10 m³ de concreto, sendo verificado as amostragens especiais.

A verificação das amostras será feita a partir dos dados apresentados no Quadro 6 e também mediante a informação da condição do preparo do concreto descrito no item 5.6.3.1 da mesma Norma, sendo escolhido a condição A para o concreto usinado e também para o concreto moldado *in loco* já que o cimento e os agregados foram medidos em massa, a água em volume, sendo que essa condição se aplica a todos os tipos de concreto. A seguir é apresentada a fórmula utilizada para a verificação dos lotes (Equação 3.1).

$$f_{ck\ est} = \Psi_6 x f_1 \quad (3.1)$$

Onde:

Ψ_6 , é dado pelo Quadro 6 para exemplares entre 2 e 5;

f_1 , sendo o menor valor entre os valores dos exemplares.

Quadro 6- Valores de Ψ_6

Conside- ração de preparo	Número de exemplares (n)										
	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	≥ 16
A	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,97	0,99	1	1,02
B ou C	0,75	0,8	0,84	0,8	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1	1,02

NOTA: Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais (conforme 6.2.3.3).

Fonte: NBR 12655 (ABNT, 2015c).

Sendo assim, temos a seguinte divisão de Lotes, apresentados no Quadro 7.

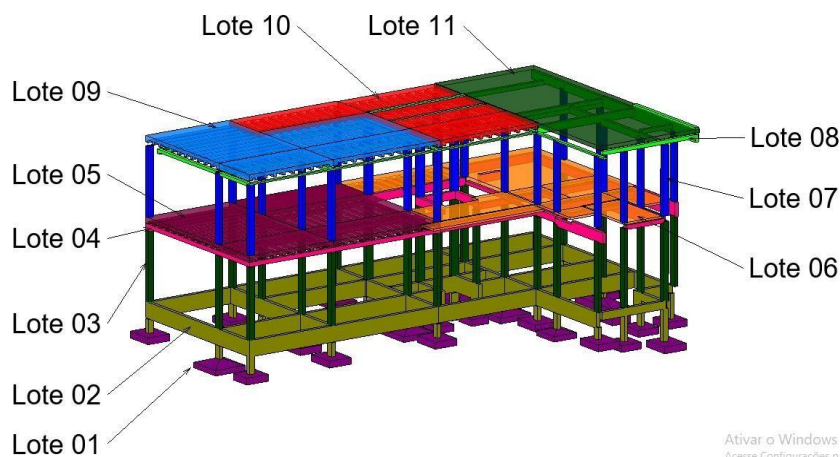
Quadro 7- Divisão dos lotes.

DIVISÃO DE LOTES		
Lotes	Rastreabilidade/ Localização no projeto	Volume de concreto (m ³)
01	Sapatas do Administrativo	9,86
02	Vigas baldrame do administrativo	9,92
03	Pilares do pavimento térreo do administrativo	2,97
04	Vigas superiores do administrativo	3,66
05	Lajes superiores do administrativo	9,51
06	Lajes superiores do administrativo	7,87
07	Pilares superiores do administrativo	2,79
08	Vigas cobertura do administrativo	2,60
09	Lajes cobertura do administrativo	7,94
10	Lajes cobertura do administrativo	6,42
11	Lajes cobertura do administrativo	6,54

Fonte: Autora, 2022.

Na Figura 7, é possível verificar a divisão dos lotes conforme a execução na obra para o bloco administrativo, no qual foi possível retirar o volume de concreto para cada lote.

Figura 7- Divisão dos lotes.



Fonte: Autora, 2022.

No empreendimento foi utilizado concreto usinado e concreto moldado *in loco*, o presente capítulo será dividido em duas partes, a metodologia utilizada para o concreto moldado *in loco* na primeira parte e na segunda parte da metodologia do recebimento e aceitação do concreto usinado.

3.2. Concreto moldado *in loco*

Para atestar a resistência das amostras dos lotes foi necessário a confecção e produção de corpos de prova mediante o ensaio de consistência citado no item 6.1 da NBR 12655 (ABNT, 2015c), no qual estabelece diretrizes para o controle e aceitação do concreto. Conforme orientação do item 6.1, é necessário o teste de abatimento do tronco do cone sempre na primeira amassada do dia e sempre que for necessário pausar mais de 1 hora no preparo do concreto, salientando que sempre que houver fornecimento de concreto usinado, esse mesmo procedimento é aplicado a cada betonada.

Para realização do teste de abatimento do cone da moldagem dos corpos de prova foi necessário a utilização de materiais adequados fornecidos pelo Laboratório da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, sendo passadas as informações do manuseio adequado dos materiais e a correta produção do concreto, moldagem e o transporte adequado dos corpos de prova até o laboratório no qual os procedimentos foram retirados no item 7.6.3, da norma NBR 5738 (ABNT, 2015a), em que se destaca a importância de se transportar os corpos de prova em caixas de serragem ou areia molhada, somente após o endurecimento do concreto.

Sabendo que os corpos de prova, tanto usinado quanto do concreto produzido na obra, seriam transportados do canteiro de obra até a Universidade, foi estruturada uma logística para o trajeto, em torno de 30 km de distância, de modo a garantir a integridade dos mesmo até o seu rompimento.

3.3. Preparo dos materiais

Para conceber um corpo de prova com fck de 25 MPa, segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015a), para a realização dos procedimentos do ensaio, foram utilizados os seguintes materiais: Cimento Portland; Areia Lavada; Brita 1; Água; Padiola (medidas: 38 x 39 x 21 cm); Betoneira de 260 litros; Haste de adensamento; Concha, Moldes cilíndricos de altura igual ao dobro do diâmetro – os diâmetros sugeridos pela NBR 5738 (ABNT, 2015a) são de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm, sendo o diâmetro dos moldes adotados neste ensaio foi de 10 cm e altura de 20 cm; Óleo Queimado de Máquina; Caixa d'água Fortlev de 1000 L (para cura dos corpos de prova) e Prensa para ensaio de Concreto.

3.4. Limpeza dos equipamentos

A primeira etapa do processo foi a lavagem dos moldes dos corpos de prova, do cone do teste de adensamento (*slump*), haste e concha. Esta lavagem foi feita somente com água corrente; após isso é necessário aguardar a secagem por completo dos equipamentos. Em seguida os moldes foram untados com óleo, para facilitar a posterior retirada dos corpos de prova de seu interior, feito isso, foram deixados por alguns minutos para que escorresse o excesso do produto. Na Figura 8 é possível ver a limpeza dos equipamentos e processo de aplicação do óleo queimado nos moldes.

Figura 8- Limpeza dos equipamentos e processo de aplicação do óleo queimado nos moldes.



Fonte: Autora, 2022.

3.5. Medidas da padiola e traço do concreto

As informações quanto ao traço produzido na obra para o fck de 25 MPa, foi fornecido pela empresa responsável pela execução da obra, e as especificações quanto ao traço estão apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8- Traço sugerido pela empresa terceirizada para execução do serviço.

TRAÇO	
Condição	<i>in loco</i>
fck(MPa)	25 (MPa)
<i>Slump</i>	160 ± 20 mm
Fator a/c	0,4
Lançamento	Manual
Adensamento	Mecânico
Teor de argamassa	60,46%

Fonte: Adaptada da empresa terceirizada, 2022.

No Quadro 9 está apresentado o traço com medidas da padiola e consumo de cimento e fator água/cimento fornecido pela empresa responsável pela execução da obra.

Quadro 9- resumo do Traço com medidas da padiola e consumo de cimento e fator água/cimento.

Material	Traço em peso para 1 m ³ (kg)	Unitário	Traço para um saco de cimento			
			Massa (kg)	Volume (l)	Nº de padiola	Medidas das padiolas (cm)
Cimento	386	1	50	1 saco	-	-
Areia (Fina)	846	1,51	75,5	67,2	2,1	39x38x40
Brita 19 mm	929	1,51	75,5	67,2	2,1	39x38x40
Água	189	0,5	25	25	-	-

Fonte: Adaptada da empresa terceirizada, 2022.

3.6. Mistura do concreto

Primeiramente, é colocado uma quantidade de água na betoneira para lavar e umedecer as peças, pra evitar a retenção da água do primeiro concreto do dia. Após isso, misturar os materiais na betoneira até que as peças estejam todas umedecidas. Logo em seguida, desliga-se a máquina e despeja-se a água que restou no interior.

O próximo passo é começar o preparo do concreto, sendo que a areia média já está peneirada na central de concreto, juntamente com a brita 1 e o cimento. Na Figura 9 temos a betoneira, central de material e caixa d'água para armazenamento da água.

Figura 9- Betoneira; central de material e Caixa d'água para armazenamento da água.



Fonte: Autora, 2022.

A ordem de preparo foi a seguinte: com a betoneira já ligada, primeiro é colocado a brita, em seguida uma parte da água, até ficar uma mistura homogênea; posteriormente coloca-se o cimento, mantendo a betoneira ligada, estando sempre o operador da betoneira verificando o momento de colocar a areia e, conseqüentemente, o restante da água da mistura, sendo esta quantidade já pré-estabelecida pela relação água/cimento.

Assim que o primeiro traço estiver pronto na betoneira, foi iniciado o preparo do teste de *slump* e do preparo dos corpos de prova, no qual é separado uma parte desse material em um carrinho de mão.

Na Figura 10, é possível verificar o momento em que o concreto está sendo produzido na betoneira para, em seguida, começar o teste do *slump* e, posteriormente, a concretagem das peças estruturais.

Figura 10- concreto sendo rodado na betoneira.



Fonte: Autora, 2022.

Para o teste do *slump*, segue-se as orientações da NBR 16889 (ABNT, 2020), no qual o responsável começa apoiando a base de ferro em uma superfície plana, em seguida coloca o cone, apoia os pés nas travas da base do cone e começa a preencher o interior do cone com concreto com o auxílio da concha.

No momento em que o volume do concreto ocupa um terço da altura do cone, inicia-se então os golpes com o auxílio da haste de socamento, no qual são realizados 25 golpes. Posteriormente, se repete o procedimento para as próximas camadas restantes do cone com concreto, repetindo os golpes de modo que para cada camada a haste não ultrapasse a camada

anterior, interferindo nas camadas anteriores e ao final retira o excesso da borda. Por fim, remove-se o funil e faz-se o rasamento com auxílio de uma desempenadeira para então retirar o cone desenformando.

O tempo de retirada da forma do cone é em torno de 10 segundos, para que não seja uma retirada muito rápida, pois esse tempo de retirada interfere na estrutura do volume do concreto; esse momento de retirada do cone no teste do *slump* está apresentado na Figura 11.

Figura 11- momento de retirar o cone no teste slump.



Fonte: Autora, 2022.

Após a retirada do cone é então executada a medida, com auxílio da trena da altura no qual o concreto adensou, mostrado na Figura 12, sabendo-se que esse teste mostra o adensamento do concreto, ou seja, é por meio do teste *slump* que é possível observar como a trabalhabilidade do material ocorrerá no lançamento do concreto.

Figura 12- conferência da altura do teste *slump* na trena.



Fonte: Autora, 2022.

3.7. Moldagem dos corpos de prova

Seguindo as recomendações da NBR 5738 (ABNT, 2015a), os moldes foram posicionados com suas aberturas voltadas para cima, e então começou-se a se depositar o concreto com o auxílio da concha em seu interior vagarosamente, parando aproximadamente em duas camadas iguais do volume do corpo de prova para se realizar o adensamento, que foi feito com uma haste de ferro, deferindo 12 golpes de intensidade moderada em cada camada, sempre tomando cuidado para não tocar a camada anterior.

Depois de totalmente preenchidos, o volume que ultrapassava a borda superior dos moldes foi retirado, de forma a deixar a face superior devidamente nivelada (respaldada) com auxílio da colher de pedreiro, respeitando as orientações da referida norma.

Na Figura 13, é mostrado a maneira como foram moldados os corpos de provas.

Figura 13 - moldagem dos corpos de prova



Fonte: Autora, 2022.

Depois da moldagem, os corpos de prova foram deixados nos moldes durante um período de aproximadamente 24 horas, no qual foi depositado um material para auxiliar na retenção de água junto à mistura; na situação, se utilizou areia molhada.

Depois do prazo de início de cura ao ar de 24 horas, os corpos de prova foram desenformados, anotado a numeração da etiqueta e posteriormente armazenados na caixa d'água para cura total dos mesmos. Feito isso, foi esperado o prazo de 28 dias para transportar os corpos de prova até o laboratório da Universidade Federal de Alagoas dentro de caixas com areia molhada; dessa forma, realizar o rompimento dos elementos e determinar os valores de resistência para cada amostra.

A Figura 14, mostra os corpos de prova desenformados e posteriormente colocados na caixa d'água para cura de 28 dias.

Figura 14- corpos de prova desenformados.



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura 15, é apresentado o momento em que corpos de prova foram retirados da caixa d'água após a cura de 28 dias.

Figura 15- Corpos de prova sendo retirados da caixa d'água após a cura de 28 dias.



Fonte: Autora, 2022.

3.8. Concreto usinado

Os procedimentos quanto ao recebimento do concreto usinado é basicamente conferir a resistência do concreto solicitado com relação a resistência de projeto e consequentemente o valor de resistência passado a empresa. Além disso, conferir se a numeração do lote na nota fiscal é a mesma impressa na etiqueta/ lacre do concreto na bomba, como também verificar se o volume do concreto na nota fiscal corresponde ao volume solicitado junto a empresa e se o tempo de preparo do concreto na usina está dentro do limite estabelecido junto a empresa.

Na Figura 16 é mostrado o recebimento do Concreto usinado, sabendo que é nesse momento que se aplicam todos os procedimentos de conferência no instante em que se recebe o concreto usinado.

Figura 16- Recebimento do concreto usinado



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura 17, é demonstrado como é feito a conferência do código do lacre na betoneira com o código inscrito na nota fiscal, para garantir que o concreto recebido tem as mesmas propriedades que estão na nota fiscal, correspondendo ao pedido feito para o concreto de f_{ck} igual a 25 MPa.

Figura 17-Conferência do lacre da betoneira.



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura 18, é demonstrado o código inscrito na nota fiscal, para garantir que o concreto recebido tem as mesmas propriedades correspondentes ao pedido feito para o concreto de f_{ck} 25 MPa.

Figura 18- Conferência do lacre da betoneira na nota fiscal e volume de concreto.

Bombeável		CORPOS DE PROVA		1/2/3/	
ADOS DE TRANSPORTE					
CHONERA 3141	PLACA QYZ-1173	RE MOTORISTA 272	MOTORISTA FABIANO ALVES DA SILVA		
DATA USINA 08.38	CHEGADA OBRA 09.00	INICIO DESCARGA	FIM DESCARGA	SAIDA OBRA	CHEGADA USINA
					TEM SAIDA
					TEM CHEGADA
OUTRAS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO CONCRETO					
ÁGUA DISPONÍVEL PARA ADIÇÃO 200,00 LITROS		ANTES DE DESCARREGAR CONFIRAR O TRACO, O VOLUME E LACRE Nº 67873		NÃO INCIDÊNCIA DO KM/L NOS TERMOS DO ART. 466, INCISO II E III, DEC. 331/1991	
ÁGUA ADICIONADA NA OBRA		SILUMP - OBRA		ESPECIFICAÇÃO DA APLICAÇÃO DO CONCRETO LAJE	
NÃO É PERMITIDA ADIÇÃO DE ÁGUA APÓS A MISTURA FINAL DO CONCRETO.					
AUTORIZO A ADIÇÃO DE _____ (L) D'ÁGUA, ASSUMINDO TODA RESPONSABILIDADE SOBRE AS CONSEQUÊNCIAS DA RESISTÊNCIA E QUALIDADE DO CONCRETO.					
ASSINATURA		RG ou CPF			
RECEBI (EMOS) DE CONCREARTE SERVICOS DE CONCRETAGENS LTDA. O SERVIÇO CONSTATANTE NESTE DOCUMENTO.					
DATA DO RECEBIMENTO	IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBEDOR				Nº 001.347

Fonte: Autora, 2022.

Os procedimentos de teste de *slump* e moldagem de corpos de prova, armazenamento e rompimento dos corpos de prova deu-se de maneira idêntica aos procedimentos quanto ao concreto moldado *in loco*, sendo feito esse procedimento para os mesmos 28 dias de cura assim como orienta a NBR 12655 (ABNT, 2015c).

3.9. Ensaio de compressão e rompimentos dos corpos de prova

Para realizar os rompimentos, foi utilizada uma prensa hidráulica. Em ambos os rompimentos os corpos de prova foram postos sobre apoios metálicos e posicionados ao centro da prensa hidráulica, que foi então acionada. Dois valores foram coletados em cada rompimento, o valor inicial da força da prensa, quando ela começava de fato a pressionar o corpo e, evidentemente, o esforço final suportado pelo corpo em questão.

A Figura 19 mostra o momento em que os corpos de prova foram preparados para serem testados no Laboratório da Universidade Federal de Alagoas - UFAL.

Figura 19- Corpo de prova no Laboratório para ser rompido.



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura 20, é apresentado o momento em que o corpo de prova é rompido na prensa hidráulica no Laboratório da Universidade Federal de Alagoas – UFAL.

Figura 20- Rompimento de corpo de prova na prensa hidráulica.



Fonte: Autora, 2022.

Após um período de 28 dias de moldagem dos corpos de prova cilíndricos e 27 dias

de cura saturada, foi submetido a um teste de compressão na máquina de ensaio.

O corpo de prova cilíndrico foi posicionado entre os pratos, como recomendado, e posto na máquina de ensaio de compressão. A pressão da máquina de ensaio de compressão ao qual o corpo de prova é submetido a uma compressão contínua e lenta pela máquina de ensaio, é atingida no momento que rompe o corpo de prova e então é gravado na tela da máquina o valor em tf (tonelada-força) e depois é convertido em MPa esse resultado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para chegarmos aos valores apresentado no Quadro 10, inicialmente após receber os valores de rompimento de cada corpo de prova após 28 dias de cura, foi separado os lotes com datas próximas dentro de um período de 7 dias corridos, em seguida é retirado o maior valor entre os dois corpos de prova rompidos no mesmo dia e após essa separação, como pode ser visto na coluna 5 do Quadro 10, é aplicado os valores retirados do Quadro 6, onde se aplica o valor da variável $= (\Psi_6)$ sobre o valor resultante na coluna 5 do Quadro 1, o valor da variável do quadro 6 se aplica a partir da quantidade de amostras contida em cada lote, como por exemplo o lote 1 que contém 4 amostras de corpos de prova, onde se aplica 89% do valor de menor resultado entre todos os valores da amostra, sendo este valor de 29,4, resultando em um valor de 26,2.

A partir dos valores adquiridos com os rompimentos dos corpos de prova, com 28 dias de cura, foi possível verificar a conformidade das amostras apresentados para o presente estudo de caso, conforme a NBR 12655 (ABNT, 2015c), no qual a resistência característica de cada lote é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10- Resultado da resistência dos lotes, conforme NBR 12655 (ABNT, 2015c).

RESULTADOS DE ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA					
Lotes	FCK DE PROJETO 25MPa				
	Condição	Data de rompimento	Resistência do corpo de prova (MPa)	Maior valor do exemplar escolhido	Resistência do lote (MPa)
01	A	06/11/2021	29,4	29,4	26,2
		06/11/2021	25,78		
		06/11/2021	30,63	31,4	
		06/11/2021	31,39		
		08/11/2021	29,39	29,4	
		08/11/2021	27,63		
		08/11/2021	29,72	32,9	
		08/11/2021	32,87		
02	A	07/12/2021	35,29	35,3	28,9
		07/12/2021	30,70		
		07/12/2021	33,65	33,7	
		07/12/2021	31,86		
		13/12/2021	34,76	34,8	
		13/12/2021	33,69		
03	A	21/12/2021	35,93	35,9	Descartado
		21/12/2021	34,56		
		21/12/2021	Descartado	Descartado	
		21/12/2021	Descartado		
04	A	27/12/2021	34,08	34,1	27,9
		27/12/2021	33,08		
		27/12/2021	40,68	40,7	
		27/12/2021	39,47		
05	A	01/02/2022	21,57	21,6	17,7
		01/02/2022	20,5		
		04/02/2022	22,13	22,1	
		04/02/2022	21,56		

Fonte: Autora, 2022

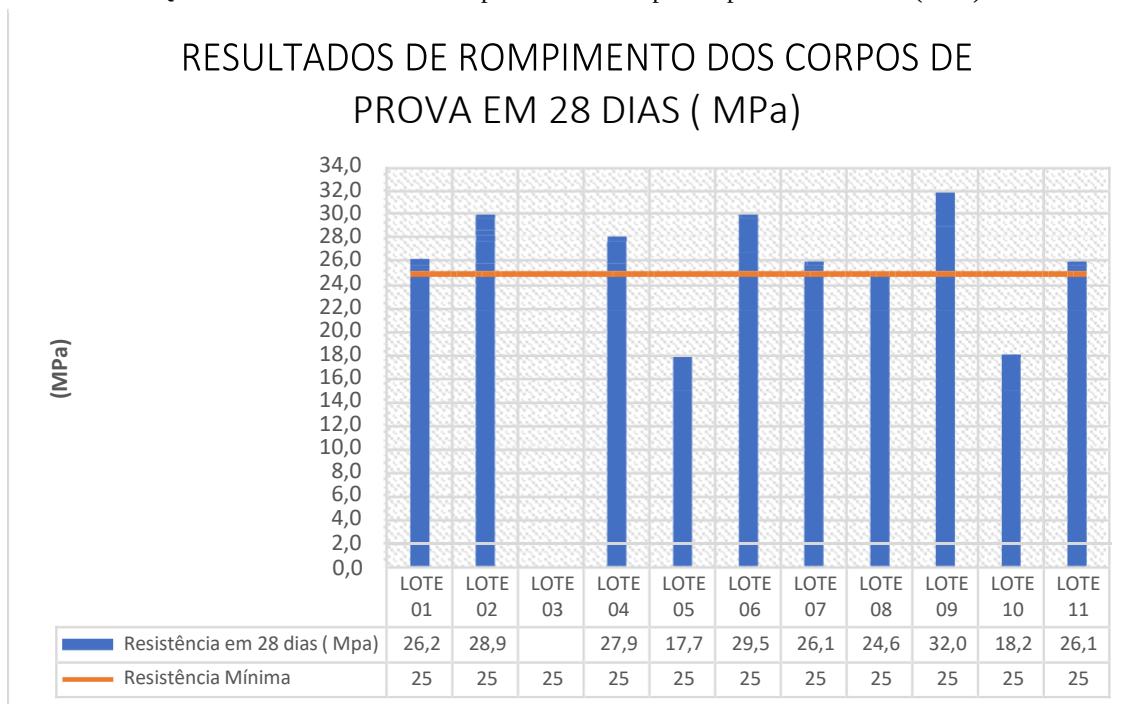
Quadro 10- Resultado da resistência dos lotes, conforme NBR 12655 (ABNT, 2015c). (Cont.)

RESULTADOS DE ROMPIMENTO DOS CORPOS DE PROVA					
Lotes	FCK DE PROJETO 25MPa				
	Condição	Data de rompimento	Resistencia do corpo de prova (MPa)	Maior valor do exemplar escolhido	Resistência do lote (MPa)
06	A	11/02/2022	37,65	37,7	29,5
		11/02/2022	34,76		
		17/02/2022	35,94	35,9	
		17/02/2022	32,81		
07	A	03/03/2022	36,76	39,0	26,1
		03/03/2022	38,95		
		03/03/2022	27,64	30,4	
		03/03/2022	30,38		
		09/03/2022	30,12	30,3	
		09/03/2022	30,3		
08	A	14/03/2022	35,5	35,5	24,6
		14/03/2022	30,38		
		14/03/2022	32,07	35,8	
		14/03/2022	35,82		
		16/03/2022	28,57	28,6	
		16/03/2022	25,45		
09	A	21/03/2022	37,25	37,3	32,0
		21/03/2022	32,63		
		21/03/2022	45,03	49,0	
		21/03/2022	49,02		
		23/03/2022	30,38	44,7	
		23/03/2022	44,73		
10	A	06/04/2022	21,21	21,2	18,2
		06/04/2022	20,22		
		06/04/2022	35	35,0	
		06/04/2022	30,38		
		11/04/2022	31,5	31,5	
		11/04/2022	31,32		
11	A	02/05/2022	30,39	30,4	26,1
		02/05/2022	30,38		
		04/05/2022	28,52	30,4	
		04/05/2022	30,43		
		10/05/2022	31,58	31,6	
		10/05/2022	30,32		

Fonte: Autora, 2022.

O quadro 11 mostra os resultados de rompimento dos corpos de prova, o qual compara a resistência de cada lote (MPa) com a resistência mínima aceitável de projeto equivalente a 25 MPa, no qual os lotes que obtiveram um valor acima da resistência mínima são classificados em “conformes” e os lotes com resistência abaixo do valor mínimo de resistência são classificados como “não conformes”, ou seja, a partir desse resultado é que será determinados quais lotes serão aceitos pela NBR 12655 (ABNT, 2015c).

Quadro 11- Resultados de rompimento dos corpos de prova em 28 dias (MPa).



Fonte: Autora, 2022.

O método utilizado para averiguar a conformidade dos lotes, para amostragem excepcional com lotes de até 10 m³ de concreto, levando em consideração na fórmula sempre o menor valor de resistência dos exemplares, obtivemos 3 lotes “não conforme”, 1 lote descartado (pois um dos exemplares não teve o processo de cura completado, devido ao prazo extrapolar as 24 horas necessárias para a cura ao ar), sendo este descartado, ou seja, para efeitos de cálculos não foi possível analisar a conformidade do lote mesmo que houvesse um outro exemplar para esse lote, pois o valor mínimo necessário para analisar a conformidade é de 2 exemplares para cada lote.

Obtivemos o valor de 7 lotes “Conforme” seguindo a metodologia apresentada pela referida Norma, sabendo que mesmo que entre os exemplares do Lote 08, fossem observados

valores acima da resistência mínima de aceitação, quando se aplica o método de Conformidade alguns desses lotes não passaram, sendo o caso do Lote 08 com valor de resistência para um dos exemplares de 35,8 MPa.

Dada a condição de preparo do concreto, sendo a condição “A” aplicado tanto para o concreto usinado quanto para o concreto moldado *in loco*, contendo neste Lote 08, 3 exemplares, pelo Quadro 6 é possível ver que é aplicado apenas 86% do valor de menor resistência, sendo essa de 28,6 MPa, resultando em uma resistência de 24,596 MPa, estando esse Lote abaixo de 25 MPa, que é a resistência solicitada em projeto, ficando abaixo do valor de resistência mínima o que resulta em “não conformidade” para este lote.

O resumo de conformidade para cada lote está apresentado no quadro 12 juntamente com a rastreabilidade e a resistência característica de cada lote.

Quadro 12- Conformidade dos exemplares, rastreabilidade e Resistência características dos lotes.

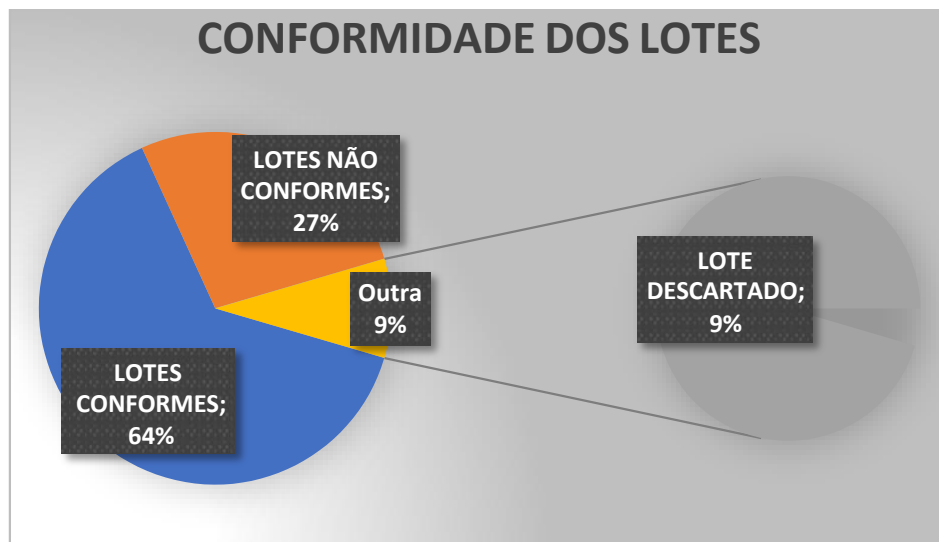
CONFORMIDADE			
Lotes	Rastreabilidade/ localização no projeto	Resistência (MPa)	Conformidade NBR 12655 (ABNT, 2015c).
01	Sapatas administrativo	26,16	Conforme
02	Vigas baldrame do administrativo	28,9	Conforme
03	Pilares do pav. Térreo do administrativo	Descartado	
04	Vigas superiores do administrativo	27,9	Conforme
05	Lajes superiores do administrativo	17,7	Não Conforme
06	Lajes superiores do administrativo	29,5	Conforme
07	Pilares superiores do administrativo	26,1	Conforme
08	Vigas cobertura do administrativo	24,6	Não Conforme
09	Lajes cobertura do administrativo	32,0	Conforme
10	Lajes cobertura do administrativo	18,2	Não Conforme
11	Lajes cobertura do administrativo	26,1	Conforme

Fonte: Autora, 2022.

O quadro 15 resume em porcentagem os lotes avaliados no empreendimento a partir da conformidade dos mesmos, visto que em uma análise global temos o valor de 64% de lotes aceitáveis, enquanto temos 27 % de lotes não aceitáveis e apenas 09 % de lotes descartados, ou

seja, podemos afirmar que o controle tecnológico do concreto do empreendimento analisado no período de novembro de 2021 a maio de 2022, teve uma aceitação acima da média, em contrapartida temos um percentual considerável de amostras de concreto rejeitado pela NBR 12655 (ABNT, 2015c), o que destaca a importância de melhorar as técnicas no canteiro de obra afim de diminuir os risco no processo de controle tecnológico do concreto, sabendo que é de grande importância a capacitação dos colaboradores envolvidos no processo de modelagem das amostras e armazenamento para cura, pois são nessas etapas que a eficiência do processo garante um resultado de resistência das amostras mais fiel a resistência do concreto lançada no estrutura.

Quadro 13- Porcentagem de conformidade dos lotes.



Fonte: Autora, 2022.

Houveram lotes que foram aceitos pela NBR 12655 (ABNT, 2015) e não aceitos pela NBR 5739 (ABNT, 2018), pois os resultados da análise do estudo estatístico de desempenho leva como parâmetro a variação entre os valores dos corpos de prova dentro do mesmo lote, ou seja, enquanto tiveram lotes aprovados quanto a resistência da amostra, pois a resistência do corpo de prova esteve igual ou superior ao valor de resistência de projeto do concreto, e não aprovados na análise do estudo de desempenho estatístico devido a uma variação entre as amostras do lote.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o presente estudo de caso, foi necessário o acompanhamento da análise de 11 lotes de corpos de prova, ao longo de 6 meses. Em que foi feita a fabricação do concreto, moldado os corpos de prova seguindo a NBR 5738 (ABNT, 2015a), e feito os ensaios para verificação das resistências de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015c), de modo a atender a resistência solicitada em projeto.

Os valores obtidos atingiram em 64% resultados satisfatórios, o que equivale a 64% dos lotes que apresentaram concordância com a avaliação de conformidade seguindo as recomendações da NBR 12655 (ABNT, 2015c). Esses lotes fizeram parte do concreto utilizado para as estruturas das sapatas, das vigas baldrame, das vigas superiores, das lajes superiores, dos pilares superiores e das lajes da cobertura.

Por outro lado, dos 11 lotes, apenas 3 apresentaram não conformidade, o que representa cerca de 27% do total de lotes, esse concreto foi utilizado nas lajes superiores, nas vigas de cobertura e nas lajes de cobertura.

E ainda um lote foi descartado em virtude de não ter sido seguido o que determina a NBR 5738 (ABNT, 2015a), para um adequado rompimento e consequentemente, análise de qualidade do concreto conforme os critérios determinados.

Todavia, é importante ressaltar que para uma análise da qualidade do concreto com mais assertividade é necessário a realização dos ensaios para verificação da resistência obedecendo todos os preceitos determinados pela normalização, de modo a evitar materiais que venham a ser descartados por falta de obedecer aos critérios pré-estabelecidos.

Dessa maneira, é de grande importância para o responsável técnico da obra a utilização das recomendações, métodos e técnicas de construção apontados por meio de Normas, pois assegura ao mesmo quanto a qualidade do concreto utilizado em obra e quanto a garantia de segurança por meio dos usuários, servindo como referência para garantir, comprovar e documentar a segurança da utilização do empreendimento por quem o usufrui.

O objeto geral do presente trabalho foi atendido, pois foi possível verificar a conformidade do concreto utilizado na obra por meio dos parâmetros e métodos de avaliação fornecidos pela NBR 12655 (ABNT, 2015c), resultando nos dados apresentados no Resultados e Discussões.

Como também, os objetivos específicos foram alcançados já que foi possível dividir e separar os lotes dos corpos de prova do concreto produzido *in loco* e do concreto usinado recebido no empreendimento, conforme orienta a NBR 12655 (ABNT, 2015c) e a partir dos

resultados obtidos diante do rompimento dos corpos de prova no laboratório foi possível analisar de modo estatístico os dados coletados em campo.

No geral, é de suma importância o controle tecnológico do concreto em obras, pois garante a qualidade do resultado do empreendimento e afirma a importância do responsável técnico em campo, sabendo que a partir dos resultados obtidos nas análises das amostras de corpos de prova é possível decidir quais medidas a serem tomadas quanto a garantia da qualidade do empreendimento e utilização do mesmo.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, RONALDO BORGES DE. **Controle tecnológico do concreto e suas implicações de acordo com a ABNT NBR 12655:2015 / Ronaldo Borges de Andrade.** - 2020. 51 f.: il. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Natal, RN, 2020.

ALENCAR, R. S. A. **Dosagem do concreto autoadensável: produção de pré-fabricados.** 2008. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

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

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

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7211: Agregado para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistências e consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.

_____. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

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

_____. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

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

_____. **NBR 16889: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 17054: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2022.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2010.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto.** São Paulo: PINI; Brasília: SENAI, 1992. 349 p.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de cimento Portland. **Isaia, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 905-944, 2007.

LUZ, A. B. da; ALMEIDA, S. L. M. de. **Manual de agregados para a construção civil.** CETEM/MCTI, 2012.

NASCIMENTO, P. da S. do. **A importância do Controle Tecnológico do concreto.** Juiz de Fora, 2012. 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil)- Faculdade de Engenharia da UFJF, 2012.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto.** PORTO ALEGRE: Bookman, 2013. 448 p. ISBN: 9788582600719.

PASSOS, L. L. L; MARSZAL, M. T. **Concreto: Da origem histórica ao preparo da massa.** ANAIAS ENAPROC, v. 1 n. 1 2016. Disponível em: <https://periodicos.uniuv.edu.br/enaproc/article/view/553>. Acesso em: 13 de maio de 2022.

PEDROSO, F. L. **Concreto: As Origens e a Evolução do Material Construtivo Mais Usado Pelo Homem.** *Concreto&Construções*, n. 53, p. 14-19, 2009.

RIBEIRO, R. J. et al. **Um estudo das propriedades mecânicas do concreto para fins estruturais preparado em canteiro de obras.** IBRACON estruturas e materiais 722744.

SANTIAGO, W. C. **Estudo da (Não-) Conformidade de Concretos Produzidos no Brasil e sua Influência na Confiabilidade Estrutural.** Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011.

SILVA, L. H. M. **Fabricação de estruturas de pasta de cimento Portland com porosidade orientada por freezing-casting.** Tese de mestrado – Universidade Federal De Minas Gerais. Belo Horizonte, 2017.

SILVA, J. F.; PEREIRA, G., LIMA, A. N.; SÁ, R. L. P. de. **Análise da Resistência à Compressão de Concreto dos pilares Presentes na Obra do Hospital Regional de Delmiro Gouveia/AL.** ANAIS DO 62º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2020. Santa Catarina. IBRACON, 2020.

TUTIKIAN, B. F. **Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto-adensáveis.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

Tutikian, B. F; Helene, P. **Concreto: Ciência e Tecnologia.** 1º Edição. São Paulo: IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto [5] Tutikian, B. F; Helene, P. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1º Edição. São Paulo: IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto, 2011.

VALVERDE, F. M. **Agregados para construção civil. Balanço mineral brasileiro,** v. 2001, 2001.