

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

**DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO COORDENADORIA DE
ENGENHARIA CIVIL**

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DANIEL NASCIMENTO PRUDENTE

**INFLUÊNCIA DOS CIMENTOS CP II 32 COMERCIALIZADOS EM SERGIPE NAS
PROPRIEDADES DE CONCRETOS CONVENCIONAIS**

ARACAJU

2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**INFLUÊNCIA DOS CIMENTOS CP II 32 COMERCIALIZADOS EM SERGIPE NAS
PROPRIEDADES DE CONCRETOS CONVENCIONAIS**

DANIEL NASCIMENTO PRUDENTE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação de Engenharia Civil do Instituto
Federal de Sergipe como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Carla Cristina
Nascimento Santos Pereira

ARACAJU

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Prudente, Daniel Nascimento.

P971i Influência dos cimentos CPII 32 comercializados em Sergipe nas
propriedades dos concretos convencionais. / Daniel Nascimento
Prudente.– Aracaju, 2022.

62f. : il.

Orientadora: Profª. Dra. Carla Cristina Nascimento Santos
Pereira. Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) -
Instituto Federal de Sergipe, 2022.

1. Cimento. 2. Concreto. 3. Marca comercial. 4. Propriedade do
concreto. I. Pereira, Carla Cristina Nascimento Santos. II. Título.

CDU691.3

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia N° 237

**INFLUÊNCIA DOS CIMENTOS CP II 32 COMERCIALIZADOS EM SERGIPE NAS
PROPRIEDADES DE CONCRETOS CONVENCIONAIS**

DANIEL NASCIMENTO PRUDENTE

Esta monografia foi apresentada às 09h30 do dia 29 de julho de 2022 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.


Prof. M.Sc. Euler Wagner Freitas Santos
(IFS – Campus Aracaju)


Prof. M.Sc. Marcílio Fabiano Goivinho
(IFS – Campus Aracaju)


Prof. Dr.ª Carla Cristina Nascimento
Santos Pereira
(IFS – Campus Aracaju)
Orientadora


Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

Como alguém que acredito ser Aquele que me proporcionou a conquista de mais um sonho, o meu maior agradecimento vai a Deus.

Em seguida, me volto com imensa gratidão para os meus pais: Jessé e Noemia, que sempre acreditaram em mim de maneira fora do comum, nunca proferiram qualquer palavra que viesse a me desmotivar de seguir o caminho que escolhi, pelo contrário, injetaram doses poderosas de incentivo e coragem. Definitivamente, sem eles não seria possível. Agradeço também à minha irmã Moema, que sempre depositou uma confiança sem precedentes, mostrando-me uma força que até então eu não sabia que tinha.

Agradeço aos meus irmãos Júnior e Jamilly, por toda motivação a mim dispensada. Ainda na esfera familiar, presto agradecimento aos meus primos, em especial: Geisa, Kércio, Nininho, Diego, Bella e Arthur. Cada um, com muita dedicação me deu uma força insana durante essa fase de estudante.

À minha querida avó e aos meus tios, em especial Rute e Daniel (*In memoriam*) que, sem o apoio deles certamente eu não conseguiria cumprir essa missão.

Presto minha gratidão aos meus parceiros e irmãos da faculdade: Paulo, Luan e Maalle, que fizeram dessa caminhada um processo mais leve. Coleciono memórias sensacionais e espero cultivar essa amizade por toda a vida, muito obrigado de coração! Agradeço também aos amigos do Concreto XV, que me proporcionaram saudosos momentos de estudo, risadas e desabafos.

Agradeço aos mestres que me acompanharam durante toda a vida, os quais represento através do professor Pablo e da querida orientadora Carla. Muito obrigado por todas as oportunidades que me proporcionaram, por transcenderem a esfera de docentes, e atuarem como grandes incentivadores, conselheiros e amigos.

RESUMO

PRUDENTE, D. N. **Influência Dos Cimentos CP II 32 Comercializados em Sergipe nas Propriedades de Concretos Convencionais.** 61 folhas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

Utilizado em larga escala desde a antiguidade, o concreto constitui o segundo produto mais consumido no mundo. Devido a toda essa importância, as pesquisas relacionadas ao seu principal aglomerante, o cimento, são sempre relevantes. Nesse cenário, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o quanto cada marca de cimento abordada influencia nas características do concreto, tanto em estado fresco quanto endurecido. Para isso, recorreu-se à dosagem utilizando o método do IPT/EPUSP e realizou-se a produção de nove tipos de concretos, envolvendo três tipos de traço (com $m=4$; $m=5$; e $m=6,5$) e as três marcas de cimento mais comercializadas em Sergipe (Poty, Nacional e Mizu), onde apenas as marcas de cimento e suas proporções foram variadas, permitindo que as diferenças de resultados fossem atribuídas ao cimento. Os concretos foram misturados manualmente e submetidos à ensaio de resistência à compressão. Como resultado, percebeu-se que os cimentos das marcas Poty e Mizu produzem concretos mais parecidos em termos de trabalhabilidade, consistência e rugosidade, enquanto os da marca Nacional diferem. Já quando endurecidos, os concretos utilizando cimento Mizu apresentaram resistência à compressão superior que as demais marcas.

Palavras-chaves: Cimento. Marcas comerciais. Propriedades do concreto.

ABSTRACT

Largely used throughout history, the concrete consists as the second product consumed in the world. Due all this importance, the researches related to its main binder are always important and meaningful. Within this background, the present research aimed to evaluate how each cement brand addressed influences the concrete characteristics in its fresh and hardened states. For that, were resorting the dosage using the IPT/EPUSP method, producing 9 kinds of concrete mix ratio ($m=4$; $m=5$ and $m=6,5$) with the three main cement brands sold in Sergipe (Poty, Nacional e Mizu), varying just the cement brands and their proportions, making possible that the results differences be granted to the cement. The concretes were mixed and submitted to compressive strength test. As the outcome, was noticed that the Poty and Mizu cement brands produced similar concretes in terms of workability, consistence and roughness, differently from Nacional ones which presented distinct results. For the hardened state, the concretes using the Mizu cement have shown a compressive strength higher than the others.

Keywords: Cement. Commercial brands. Concrete properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mistura Seca.	33
Figura 2 - Mistura Úmida.	34
Figura 3 - Ensaio de Abatimento.	35
Figura 4 - Concreto Moldado em processo de Secagem.	35
Figura 5 - Corpos de Prova Submersos em Solução de Água e Cal.	36
Figura 6 - Corpo de Prova Posicionado na Prensa Hidráulica.	36
Figura 7 - Corpo de Prova Após o Rompimento.	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Diferença Entre Propriedades de Diferentes Marcas de Cimento.	15
Gráfico 2 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo.	28
Gráfico 3 - Escala de Rugosidade e Viscosidade.....	34
Gráfico 4 - Comparativo de Consumo de Cimento.....	39
Gráfico 5 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas, para o Traço com $m=4$	41
Gráfico 6 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas, para o Traço com $m=5$	41
Gráfico 7 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas, para o Traço com $m=6,5$	42
Gráfico 8 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas.....	43
Gráfico 9 - Pasta de Consistência Normal X Abatimento para $m=4$	46
Gráfico 10 - Pasta de Consistência Normal X Abatimento para $m=5$	47
Gráfico 11 - Pasta de Consistência Normal X Abatimento para $m=6,5$	47
Gráfico 12 - Índice de Finura X Abatimento para $m=4$	48
Gráfico 13- Índice de Finura X Abatimento para $m=5$	49
Gráfico 14 - Índice de Finura X Abatimento para $m=6,5$	49
Gráfico 15 - Escala de Rugosidade e Viscosidade em Função do Traço.....	51
Gráfico 16 - Resistência a Compressão aos 28 dias.....	52
Gráfico 17 - Resistência a Compressão aos 50 dias.....	53
Gráfico 18 - Ganho de Resistência para $m=4$	54
Gráfico 19 - Ganho de Resistência para $m=5$	54
Gráfico 20 - Ganho de Resistência para $m=6,5$	55
Gráfico 21 - Comparativo das Resistências Potenciais aos 28 dias.....	56
Gráfico 22 - Comparativo das Resistências Potenciais aos 50 dias.....	56
Gráfico 23 - Ganho de Resistência para $m=4$ - Potencial.	57
Gráfico 24 - Ganho de Resistência para $m=5$ - Potencial	58
Gráfico 25 - Ganho de Resistência para $m=6,5$ – Potencial.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Fatores que Influenciam a Resistência do Concreto.	17
Tabela 2 – Caracterização do Cimento Poty.....	24
Tabela 3 – Caracterização do Cimento Nacional.	25
Tabela 4- Caracterização do Cimento Mizu.	25
Tabela 5 - Massa Específica dos Cimentos.	25
Tabela 6 - Composição Granulométrica da Areia.....	26
Tabela 7 – Massa Específica do Agregado Graúdo.	27
Tabela 8 - Massa Unitária do Agregado Graúdo.	28
Tabela 9 – Traços Utilizados.....	30
Tabela 10 - Dosagem Estabelecida.	30
Tabela 11 - Materiais Utilizados em Cada Mistura.	31
Tabela 12 – Resultados - Variáveis Dependentes Estudadas.....	38
Tabela 13 - Resultados do Abatimento do Tronco de Cone.....	40
Tabela 14 - Concretos e Seus Aspectos Visuais.....	44
Tabela 15 - Classificação dos Concretos Quanto à Rugosidade e Viscosidade.	50
Tabela 16 - Resistência a Compressão aos 28 Dias (MPa).....	52
Tabela 17 - Resistência a Compressão aos 50 Dias (MPa).....	53

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LISTA DE ACRÔNIMOS

EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
--------------	---

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1	INFLUÊNCIA DO CIMENTO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO...	13
3.1.1	Na Trabalhabilidade	14
3.1.1.1	Na consistência	14
3.1.1.2	Na coesão	16
3.1.2	Nas Propriedades do Concreto Endurecido	16
3.2	MÉTODO DE DOSAGEM IPT/EPUSP	18
3.2.1	Parâmetros de Mistura	19
3.2.1.1	Teor de argamassa seca (α %)	20
3.2.1.2	Relação água/materiais secos (H%)	20
3.2.1.3	Proporção de agregados totais (m)	21
3.2.1.4	Consumo de cimento (C).....	21
3.3	TRABALHOS SIMILARES.....	22
4	METODOLOGIA	23
4.1	MATERIAIS	24
4.1.1	Aglomerantes	24
4.1.2	Agregado Miúdo	26
4.1.3	Agregado Graúdo	27
4.1.4	Água	29
4.2	MÉTODOS	29
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	38
5.1	CONCRETO NO ESTADO FRESCO	38
5.1.1	Consumo	39
5.1.2	Consistência	40
5.1.3	Rugosidade e Viscosidade	50
5.2	CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO	51

5.2.1	Resistência a Compressão – Média dos Valores	51
5.2.2	Resistência a Compressão – Potencial	55
6	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o concreto vem sendo usado em larga escala em obras de diversas categorias. Segundo Metha e Monteiro (2014) esse produto constitui o material de construção mais utilizado mundo afora. O cimento, como seu principal aglomerante, acumula um consumo em proporções colossais. De acordo com a ABCP (2022), 65.883.069 toneladas de cimento foram produzidas no Brasil em 2021.

Petrucci (1998) preconiza que, para adquirir um concreto durável, resistente, econômico e de bom aspecto, é necessário se conhecer e caracterizar cada um dos materiais integrantes, de modo que o produto final atenda aos requisitos de produção, aplicação, uso e manutenção.

Para que um concreto atenda a esses requisitos é necessário haver um controle entre as proporções de cada ingrediente. Essa proporção é chamada de traço, e, para estabelecer um traço coerente com o uso da peça de concreto, recorre-se ao estudo de dosagem, em que todos os materiais são analisados e as quantidades definidas.

Buscando descobrir como cada marca de cimento se comporta em condições similares, este trabalho utilizou cimentos das três marcas mais utilizadas no Estado de Sergipe: Poty, Nacional e Mizu. E foi verificado nos concretos, a variabilidade de propriedades ao se utilizar cada uma destas marcas, a fim de identificar a influência desses aglomerantes no concreto tanto no estado fresco, quanto no endurecido.

O cimento também representa um produto que atinge todas as classes sociais. É utilizado tanto por concreteiras em gigantes obras de infraestrutura, quanto pelos cidadãos que realizam pequenas construções e reformas em suas residências. Dada toda essa importância e alcance, é evidente a responsabilidade da academia em aprimorar e divulgar os estudos com esse material.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o quanto a variação das marcas de cimento influencia nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Avaliar os aspectos de consistência, rugosidade e viscosidade de concretos com mesmo traço e com cimentos de marcas diferentes;
- b. Verificar a variação de consumo de cimento dos traços produzidos;
- c. Comparar quanto ao ganho de resistências à compressão de concretos nas idades de 28 e 50 dias;
- d. Analisar a influência do índice de finura do cimento na consistência dos concretos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 INFLUÊNCIA DO CIMENTO NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO

Para Neville (2016), o concreto é genericamente definido por um produto gerado através de uma massa cimentante também conhecida como pasta. Na construção civil, essa pasta, em sua maioria, é composta por cimento hidráulico (componente aglomerante) e água, sendo então acrescida de agregados (grãos e/ou miúdos), aditivos e uma gama de substâncias, em diversos arranjos e proporções, que alteram características específicas do concreto.

Vasta literatura cita o concreto como um material compósito e bifásico. Segundo Moreira (2009), os materiais compósitos podem ser definidos como misturas não solúveis de dois ou mais constituintes, ou seja, não se trata de um material único, e sim da combinação entre dois ou mais materiais, onde cada um traz consigo suas propriedades e reagem entre si, mantendo algumas de suas características, e adquirindo outras, por meio das reações.

O termo bifásico é atribuído ao concreto devido aos dois estados apresentados por ele: o estado fresco e o estado endurecido. Quando decide-se analisar e caracterizar o concreto, observa-se suas propriedades nos dois estados e estabelece-se requisitos e parâmetros que viabilizem desde a produção ao funcionamento na qualidade de elemento estrutural. Nesse ínterim, observa-se características relacionadas à origem natural dos materiais, dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento, endurecimento, cura e manutenibilidade.

O Cimento Portland constitui o principal material aglomerante utilizado na produção de concreto. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2002), o cimento é constituído basicamente de clínquer, que é o componente resultante do aquecimento da mistura de rocha calcária e argila, e gesso. Diferentes adições e peculiaridades no processo produtivo caracterizam o cimento em diversos tipos, segundo a ABNT NBR 16697:2018:

- a. Cimento Portland Comum (CP I);
- b. Cimento Portland Composto (CP II);
- c. Cimento Portland de Alto Forno (CP III);

- d. Cimento Portland Pozolânico (CP IV);
- e. Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI);
- f. Cimento Portland Resistente aos Sulfatos (RS);
- g. Cimento Portland Branco (BC);
- h. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (CPB);

3.1.1 Na Trabalhabilidade

Dentre as propriedades do concreto em estado fresco, a trabalhabilidade ocupa a posição mais importante. Para um concreto ser considerado trabalhável, ele precisa ser moldado com facilidade, apresentar um bom acabamento, ser fácil de adensar e ainda aderir à armadura por completo, sem exsudar ou segregar. (HELENE E ANDRADE, 2010; ABCP, 2000).

Segundo Mehta e Monteiro (2014) a trabalhabilidade determina a capacidade de manipulação do concreto sem que haja uma segregação nociva, o que impacta tanto no custo de manipulação (sobretudo nos concretos ruins de serem lançados) quanto em problemas de homogeneidade, que afetam diretamente a qualidade e a durabilidade das peças.

Embora seja a característica mais relevante para o concreto no estado fresco, a trabalhabilidade é difícil de ser conceituada, pois engloba uma série de outras propriedades em que não há uma concordância sobre quais são essas propriedades (PETRUCCI, 1982).

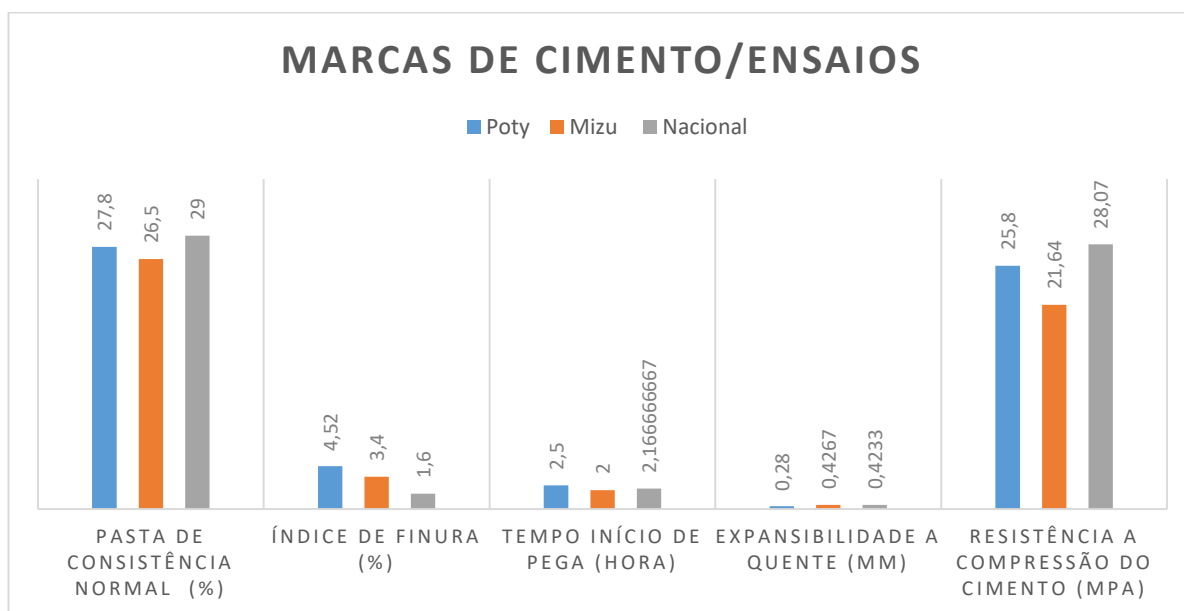
3.1.1.1 Na consistência

Segundo Neville (2016), a consistência do concreto é definida como a “resistência momentânea do concreto fresco à mudança de forma, ou aptidão do concreto fresco fluir”. Essa condição de consistência relaciona-se diretamente com o teor de água/materiais secos (H%) ou teor de água. Por se tratar de um material pulverulento, o cimento portland apresenta superfície específica bastante fina, ou seja, possui uma maior área de contato, absorvendo mais água. Desta forma, de modo

geral, quanto mais cimento na mistura, mais água será necessária para atingir determinada consistência. (ABCP, 2002).

Embora o processo produtivo do cimento seja o mesmo, algumas variações são notadas quando realiza-se a comparação entre diferentes marcas. Em pesquisa realizada por Jesus (2022), foi constatado que diversos parâmetros, incluindo o índice de finura, diferem significativamente entre as marcas. Jesus analisou as três principais marcas de cimento portland comercializadas em Aracaju - SE. Os resultados são expressos no Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1 - Diferença Entre Propriedades de Diferentes Marcas de Cimento.



Fonte: Jesus (2022).

Percebe-se que a diferença entre os índices de finura das marcas Nacional e Poty chega a mais que dobrar. Essa alteração impacta diretamente a consistência do concreto, uma vez que, quanto mais fino for o grão do cimento, mais água será necessária para atingir a consistência requerida.

3.1.1.2 Na coesão

Entende-se como coesão, a capacidade do concreto em resistir à segregação e à exsudação, ou seja, a estabilidade do material. Um concreto coeso apresenta homogeneidade em sua mistura, e a segregação causa exatamente a heterogeneidade que a contrapõe. Os principais motivos que levam um concreto a segregar estão relacionados às dimensões e às massas específicas dos agregados, bem como ao lançamento e adensamento (ABCP, 2000; NEVILLE, 2016).

Ao produzir um concreto com pouca coesão, emerge-se uma gama de inconvenientes. Um concreto denso e coeso consegue realizar a distribuição eficiente dos esforços solicitados, pois não apresenta vazios significativos que afetem não apenas sua resistência mecânica, mas o deixa mais poroso e menos durável.

Uma característica do cimento já vista neste capítulo como grande influenciadora na consistência, apresenta-se novamente nesse tópico: a finura. Um concreto com partículas mais finas tende a ser mais compacto, uma vez que as partículas menores ocupam o espaço deixado entre as maiores, diminuindo os vazios, além de possibilitar a formação de mais cristais na microestrutura do concreto, fortalecendo as ligações internas.

3.1.2 Nas Propriedades do Concreto Endurecido

No processo de endurecimento (após a pega), o concreto necessita adquirir propriedades essenciais para o seu desempenho ao longo do tempo. Parâmetros como: resistência à compressão, à tração, à tração na flexão, à abrasão, aderência, durabilidade, impermeabilidade e aparência são essenciais para uma boa estrutura de concreto. A qualidade do concreto depende diretamente da qualidade da pasta, determinada pela relação água/cimento, pelo tipo de cimento e pelas condições de execução da obra (PETRUCCI, 1998; ABCP, 2000).

Segundo Valeriano (2021) a resistência à compressão é considerada, em termos de controle de qualidade, a principal propriedade para projetistas e engenheiros. Sendo obtida principalmente da resistência da pasta de cimento endurecida, do agregado e da ligação pasta-agregado. Porém, fatores de

adensamento, condições de cura, tipos de aditivos, adições, condições de umidade, geometria do corpo-de-prova, tipo de tensão e velocidade de carregamento podem também causar interferências. A Tabela 1 expressa os fatores condicionantes da resistência do concreto e o quanto cada um deles influi.

Tabela 1 - Principais Fatores que Influenciam a Resistência do Concreto.

Causas de Variação	Efeito Máximo no Resultado
a. Materiais: - Variabilidade da resistência do cimento; - Variabilidade da quantidade total de água; - Variabilidade dos agregados (principalmente miúdos).	$\pm 12\%$ $\pm 15\%$ $\pm 8\%$
b. Mão-de-obra: - Variabilidade do tempo e procedimento de mistura.	- 30%
c. Equipamento: - Ausência de aferição de balanças; - Mistura inicial, sobre e subcarregamento, correias etc.	- 15% - 10%
d. Procedimento de ensaio: - Coleta imprecisa; - Adensamento inadequado; - Cura (efeito considerado a 28 dias ou mais); - Remate inadequado dos topos; - Ruptura (velocidade de carregamento)	- 10% - 50% $\pm 10\%$ - 30% ou - 50% $\pm 5\%$

Fonte: HELENE E TERZIAN (1993).

3.2 MÉTODO DE DOSAGEM IPT/EPUSP

De acordo com Boggio (2000), o método IPT/EPUSP consiste numa atualização e generalização do Método de Dosagem do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, desenvolvidas pela Escola Politécnica da USP. Esse método é amplamente utilizado e consagrado pela literatura técnica desde 1970.

É possível classificá-lo como um método teórico-experimental, onde, baseado em leis de comportamento dos concretos, realiza-se uma análise de cálculo, para em seguida partir para os procedimentos experimentais de laboratório (TUTIKIAN E HELENE, 2011).

Segundo Toralles *et al.* (2018) o método IPT/EPUSP é dividido em duas etapas. A primeira delas consiste na determinação do teor de argamassa ideal, e a segunda, no traçado de um diagrama de dosagem. Desta forma, o método procura adquirir traços com teores mínimos de argamassa, que tornem possível o atendimento das condições de transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto na obra.

Boggio (2000) percebe que o método constrói o diagrama de dosagem, para que, de forma ampla seja resolvido o problema de proporção de concretos com características de trabalhabilidade, resistência e acabamento. Por fim esse diagrama de dosagem determina como resultado um gráfico em três quadrantes, onde são apresentadas “leis de comportamentos”, que correlacionam a resistência a compressão (f_c), a relação água/cimento (a/c), a relação agregado/cimento (m) e o consumo de cimento/ m^3 de concreto (C). Essas correlações apresentam-se a seguir:

Lei de Abrams: A resistência de um concreto, numa determinada idade, é inversamente proporcional à relação água/cimento (a/c):

$$f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}} \quad (1)$$

Onde: f_{cj} – Resistência a compressão axial em Mpa, à idade de j dias;

a/c – Relação água/cimento, em massa (kg/kg);

k – Depende exclusivamente dos materiais agregados.

Lei de Lyse: Fixados o cimento e agregados, a consistência do concreto fresco depende preponderantemente da quantidade de água por m³ de concreto:

$$M = k_3 + k_4 \times a/c \quad (2)$$

Onde: a/c – Relação água cimento;

k_i – Dependente exclusivamente dos materiais empregados.

Assim, independente da proporção de agregados (m) considerada, a lei de Lyse preconiza que a relação água/materiais secos (H%) será praticamente constante, desde que utilizados os mesmos materiais.

Lei de Molinari: O consumo de cimento por m³ de concreto varia na proporção inversa da relação em massa seca de agregados/cimento (m):

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \times m} \quad (3)$$

Onde: C – Consumo de cimento por metro cúbico de concreto (kg/m³);

m – Relação agregados secos/cimento em massa (kg/kg);

k_i – Depende exclusivamente dos materiais empregados.

3.2.1 Parâmetros de Mistura

Diversos parâmetros são imprescindíveis para a dosagem do concreto, sobretudo para o método IPT/EPUSP.

3.2.1.1 Teor de argamassa seca (α %)

De acordo com Silva (2020), o teor de argamassa seca é a relação entre as quantidades de cimento e areia pelas quantidades de cimento, areia e brita. Este teor influencia diretamente na coesão do concreto. Para um concreto com coesão satisfatória, recomenda-se manter o “ α ” na faixa entre 30% e 90%.

O teor ideal de argamassa é determinado pelo volume de vazios deixados entre os grãos do agregado graúdo e também pela capacidade de “lubrificação” da argamassa (determinada pelas características do cimento e da areia). Esse teor de argamassa é independente da relação água/cimento do concreto e é melhor determinado experimentalmente, através da aparência da mistura fresca no abatimento desejado, e ao demonstrar uma boa estabilidade de massa. (DAFICO, 1997).

O “ α ” é encontrado através da seguinte equação:

$$\alpha(\%) = \frac{1+a}{1+a+p} * 100 \quad (4)$$

Onde: α (%) = Teor de argamassa seca em percentual;

1 - Proporção de cimento;

a - Proporção de areia;

p - Proporção de agregado graúdo.

3.2.1.2 Relação água/materiais secos (H%)

Consiste no principal influenciador da consistência do concreto, expressando de fato o teor de água do traço. Esta relação deve permear entre 5% e 12% para que obtenha-se um concreto em níveis aceitáveis de consistência. Esta relação é dada por:

$$H(\%) = \frac{a/c}{1+a+p} \quad (5)$$

Onde:

H (%) - Relação água/materiais secos;

a/c - Relação água cimento;

1 - Proporção de cimento;

a - Proporção de areia;

p - Proporção de agregado graúdo.

3.2.1.3 Proporção de agregados totais (m)

O parâmetro de proporção de agregados totais diz respeito à soma das proporções dos agregados miúdo e graúdo, é expresso pela equação abaixo:

$$m = a + p \quad (6)$$

Onde:

m – Proporção de agregados totais;

a - Proporção de areia;

p - Proporção de agregado graúdo.

3.2.1.4 Consumo de cimento (C)

Consiste na quantidade de cimento gasta para cada metro cúbico de concreto, para obter esse valor recorre-se à seguinte equação:

$$C = \frac{100 - (\%)ar}{\frac{1}{\rho_{o,cim}} + \frac{a}{\rho_{o,areia}} + \frac{p}{\rho_{o,brita}} + (a/c)} \quad (7)$$

Onde: C - Consumo de cimento;

%ar – Teor de ar aprisionado (entre 1 e 2%);

$\rho_{o,cim}$ – Massa específica do cimento (g/cm³);

ρ_o , areia – Massa específica da areia (g/cm^3);

ρ_o , brita – Massa específica da brita (g/cm^3);

a - Proporção de areia;

p - Proporção de brita;

a/c – Relação água/cimento.

3.3 TRABALHOS SIMILARES

Jesus (2022) realizou um estudo comparativo entre as três marcas de cimento comercializadas em Sergipe. Ele verificou as características como: índice de finura, pasta de consistência normal, tempo de início de pega, expansibilidade a quente, e resistência a compressão. Também fez estudos com o concreto, avaliando o seu abatimento e a resistência a compressão aos 28 dias. Jesus concluiu que as três marcas possuem grandes distinções entre si nos aspectos analisados, ou seja, os cimentos do mesmo tipo diferem em suas propriedades. O autor também constatou que nenhuma das marcas atingiu a resistência a compressão mínima estabelecida pela NBR 7215:2019.

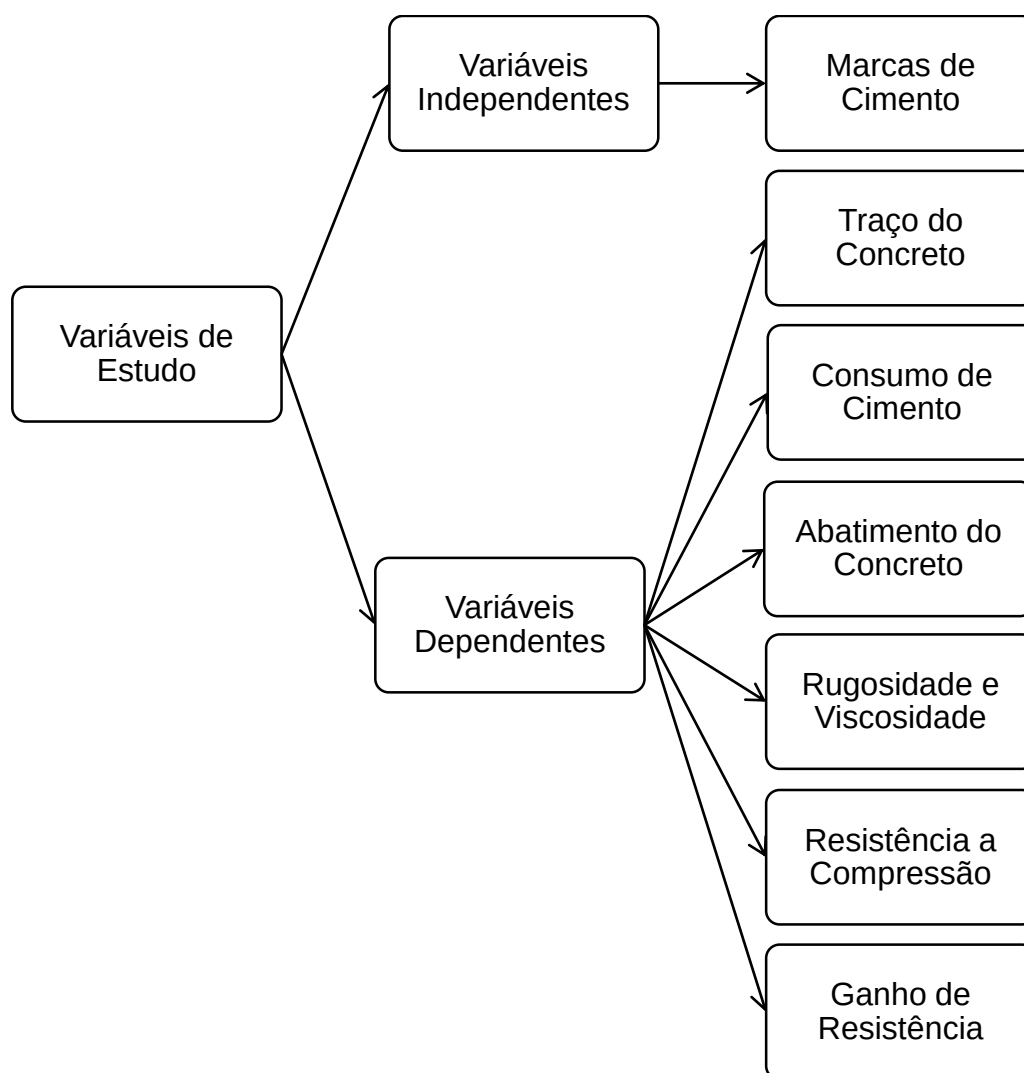
Vilela (2017) comparou as propriedades dos concretos produzidos com três marcas diferentes de cimento. Ela constatou que cada concreto obteve características diferentes em termos de trabalhabilidade, consistência e resistência a compressão, atribuindo ao cimento a responsabilidade por essas variações de resultados.

Valeriano (2021) estudou as propriedades do concreto usinado em seu estado fresco e endurecido. Ela comparou os resultados de consistência e resistência a compressão de concretos de classes distintas (C20, C25, C30, C35 e C40) e produzidos com diferentes tipos de cimento (CPII E 40 e CPII F 40), porém advindos do mesmo fabricante. Como resultado, percebeu que cimentos de mesma classe de resistência e de tipos diferentes não apresentam variações significativas quando submetidos ao abatimento e ao rompimento, atribuindo à relação água/cimento a maior responsabilidade da variação dos resultados.

4 METODOLOGIA

Através do Fluxograma 1 observa-se a estrutura da metodologia empregada nesse trabalho.

Fluxograma 1 - Variáveis de Estudo.



Fonte: O autor (2022).

Como objeto principal de estudo utilizou-se os cimentos das três principais marcas comercializadas no estado de Sergipe: Poty, Nacional e Mizu. Com esses cimentos, foram produzidos nove tipos de concreto, estes submetidos a análises tanto em seu estado fresco, quanto no endurecido. Essas análises constituem as variáveis dependentes mencionadas no fluxograma acima.

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Aglomerantes

Na produção dos concretos utilizou-se como aglomerante o Cimento Portland dos tipos:

- a. Cimento Portland Poty: CP II – F 32 RS;
- b. Cimento Portland Nacional: CP II – F 32 RS;
- c. Cimento Portland Mizu: CP II – F 32 RS.

Para os cálculos deste estudo, utilizou-se os resultados de caracterização produzidos em conjunto com Jesus (2022), que estão expostos nas Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4 a seguir:

Tabela 2 – Caracterização do Cimento Poty.

Cimento Poty - CP II-F 32 RS			
Ensaio	Resultados	Limites (NBR 16697:2018)	Método de ensaios
Pasta de consistência normal	27,80%	-	NBR 16606:2018
Índice de finura (#200)	4,52%	$\leq 12\%$	NBR 11579:2012
Tempo início de pega	150 min	≥ 60 min	NBR 16607:2018
Expansibilidade a quente	0,28 mm	≤ 5 mm	NBR 11582:2016
Resistência a compressão (28 dias)	21,64 MPa	≥ 32 MPa (28 dias)	NBR 7215:2019

Fonte: Jesus (2022).

Tabela 3 – Caracterização do Cimento Nacional.

Cimento Nacional - CP II-F 32 RS			
Ensaio	Resultados	Limites (NBR 16697:2018)	Método de ensaios
Pasta de consistência normal	29%	-	NBR 16606:2018
Índice de finura (#200)	1,60%	$\leq 12\%$	NBR 11579:2012
Tempo início de pega	130 min	≥ 60 min	NBR 16607:2018
Expansibilidade a quente	0,4233 mm	≤ 5 mm	NBR 11582:2016
Resistência a compressão (28 dias)	25,82 MPa	≥ 32 MPa (28 dias)	NBR 7215:2019

Fonte: Jesus (2022).

Tabela 4- Caracterização do Cimento Mizu.

Cimento Mizu - CP II-F 32 RS			
Ensaio	Resultados	Limites (NBR 16697:2018)	Método de ensaios
Pasta de consistência normal	26,50%	-	NBR 16606:2018
Índice de finura (#200)	3,40%	$\leq 12\%$	NBR 11579:2012
Tempo início de pega	120 min	≥ 60 min	NBR 16607:2018
Expansibilidade a quente	0,4267 mm	≤ 5 mm	NBR 11582:2016
Resistência a compressão (28 dias)	28,07 MPa	≥ 32 MPa (28 dias)	NBR 7215:2019

Fonte: Jesus (2022).

Para a massa específica, utilizou-se os valores fornecidos pelos próprios fabricantes, apresentados na Tabela 5, a seguir.

Tabela 5 - Massa Específica dos Cimentos.

	Poty	Nacional	Mizu
Massa Específica (g/cm ³)	3,00	2,99	3,01

Fonte: POTY, 2020; NACIONAL, 2018; MIZU, 2020.

4.1.2 Agregado Miúdo

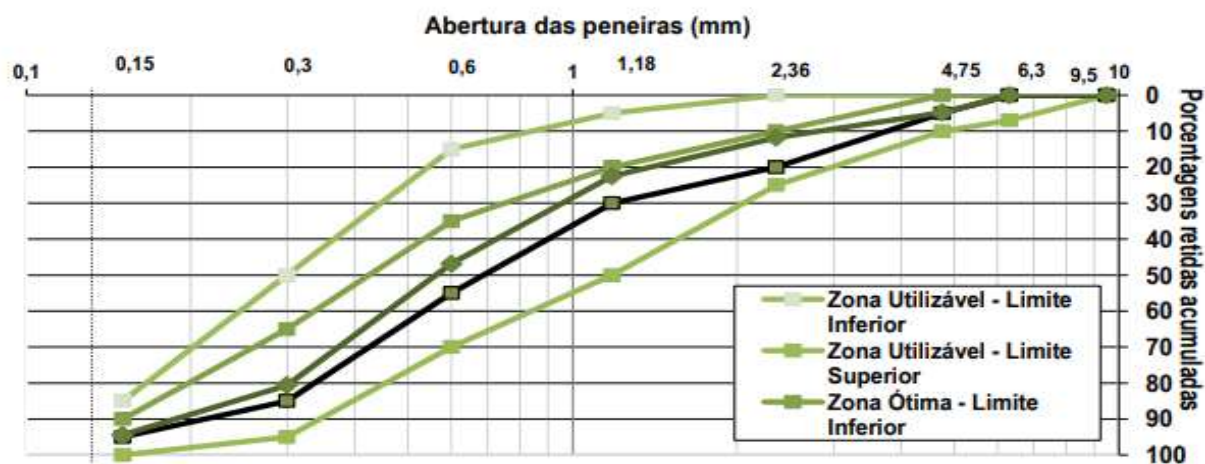
Como agregado miúdo utilizou-se a areia lavada, originária do rio Paramopama, no município de São Cristóvão – SE. Esse material também foi utilizado e caracterizado por Jesus (2022), que realizou os ensaios de massa específica dos agregados miúdos e de granulometria, seguindo os ditames da NBR NM 52:2009 e NBR NM 243:2003, respectivamente. Para a massa específica, Jesus obteve um valor de 2,63 g/cm³; a composição granulométrica da areia apresenta-se na Tabela 6 e no Gráfico 1:

Tabela 6 - Composição Granulométrica da Areia.

Abertura das peneiras (mm)	Massa retida (gr)		Massa retida (%)		Variação da % retida ± 4%	Média da massa retida (%)	Massa retida acumulada (%)	Faixas em relação às % retidas			
								Limites inferiores		Limites	
	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2				Zona Utilizável	Zona ótima	Zona Utilizável	Zona ótima
9,5	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0
6,3	0	0	0%	0%	0%	0%	0%	0	0	0	7
4,75	17,6	1,5	6%	2%	2%	5%	5%	0	0	5	10
2,36	22,2	0	7%	0%	1%	7%	12%	0	10	20	25
1,18	33	2,2	11%	2%	0%	11%	23%	5	20	30	50
0,6	73,6	3,7	24%	4%	1%	24%	47%	15	35	55	70
0,3	101,4	2,7	33%	3%	1%	34%	81%	50	65	85	95
0,15	42	1,7	14%	2%	0%	14%	95%	85	90	95	100
Fundo	16,4	7,3	5%	7%	1%	6%	101%	100	100	100	100
Total	306	99	Módulo de finura = 2,62					Diâmetro máximo = 4,75			

Fonte: Jesus (2022), adaptado.

Gráfico 1 – Curva Granulométrica do Agregado Miúdo.



Fonte: Jesus (2022).

Para a produção do concreto, procedeu-se com a secagem da areia em estufa por 24 horas, em seguida, após resfriamento ao ar, o material foi passado na peneira com abertura de 6,3 mm para finalmente ser pesado e usado no concreto.

4.1.3 Agregado Graúdo

Como agregado graúdo utilizou-se brita $\frac{3}{4}$, originada do município de Itabaiana – SE. Seguindo a NBR NM 248:2003, Jesus (2022) determinou a massa específica e a massa unitária. Também compôs a granulometria do material seguindo a NBR NM 248:2003. O resultado desses estudos estão na Tabela 7, Tabela 8 e no Gráfico 2 a seguir:

Tabela 7 – Massa Específica do Agregado Graúdo.

Massa específica do agregado graúdo (g/cm ³)		
Massa seca (g)	Massa ao ar na condição saturada (g)	Massa em água da amostra (g)
3000	3000	1871
Massa específica do agregado graúdo (g/cm ³)		2,657

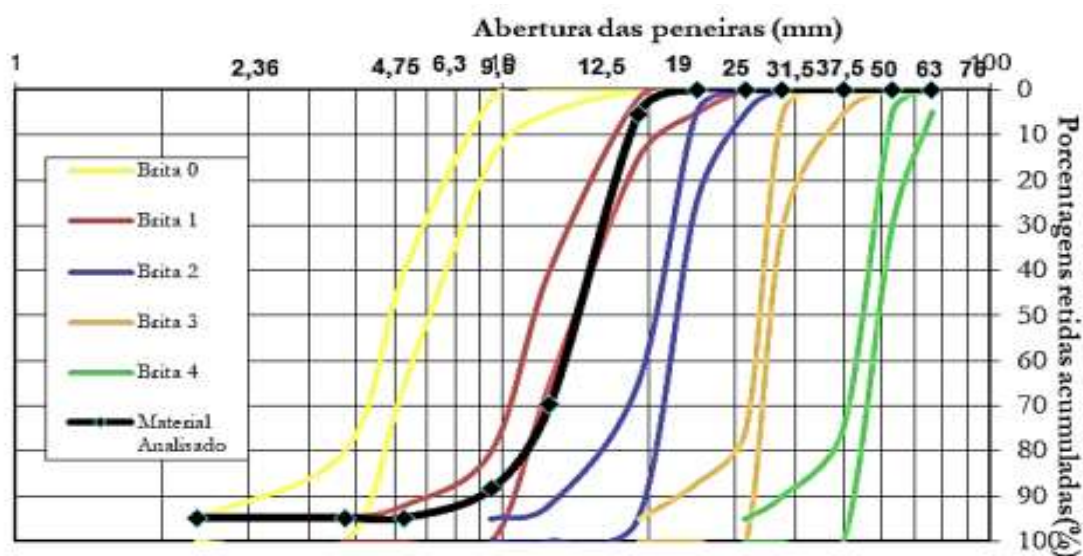
Fonte: Jesus (2022).

Tabela 8 - Massa Unitária do Agregado Graúdo.

Massa unitária do agregado graúdo (Kg/cm³)		
Amostra 1 (Kg)	Amostra 2 (Kg)	Amostra 3 (Kg)
38,482	38,189	38,286
Massa média do agregado graúdo (g/cm³)		38,319
Massa específica do agregado graúdo (g/cm³)		1,916

Fonte: Jesus (2022).

Gráfico 2 - Curva Granulométrica do Agregado Graúdo.



Fonte: Jesus (2022).

O diâmetro máximo encontrado foi de 19 mm.

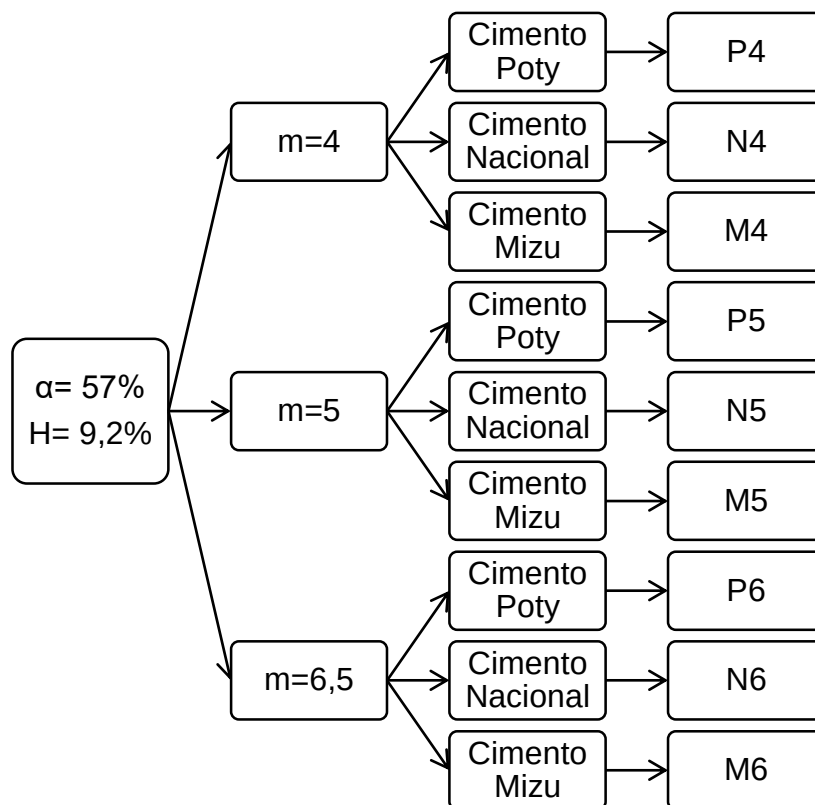
4.1.4 Água

Para a mistura, usou-se água potável fornecida para Companhia de Saneamento de Sergipe ao laboratório do Campus Aracaju, do Instituto Federal de Sergipe.

4.2 MÉTODOS

Utilizando o método de dosagem do ITP/EPUSP, através do ajuste de dosagem, definiu-se os parâmetros de teor de argamassa (α) e o percentual de água em relação aos materiais secos (H), em 57% e 9,2%, respectivamente. Fixados esses valores, foram estabelecidos três traços em função da quantidade de cimento ($m=4$; $m=5$; e $m=6,5$). No Fluxograma 2 encontra-se o resumo dos parâmetros utilizados na dosagem.

Fluxograma 2 – Parâmetros de Dosagem.



Fonte: O autor (2022).

A fim de padronizar e facilitar a identificação de cada um dos nove concretos diferentes foi criado um código alfanumérico, onde a letra corresponde à inicial da marca do cimento, e o número corresponde ao “m” adotado, de modo que, o concreto P4 refere-se ao produzido com cimento da marca Poty e o traço desenvolvido com o “m” = 4, por exemplo.

Após os cálculos de dosagem, três traços foram encontrados e estão representados na Tabela 9:

Tabela 9 – Traços Utilizados.

Variação	Traço em Massa (Kg)
m=4	1 : 1,85 : 2,15
m=5	1 : 2,42 : 2,58
m=6,5	1 : 3,28 : 3,23

Fonte: O autor (2022).

A Tabela 10 a seguir apresenta os resultados da dosagem para cada traço:

Tabela 10 - Dosagem Estabelecida.

	m=4	m=5	m=6,5
Cimento (Kg)	3,00	2,50	2,00
Areia (Kg)	5,55	6,05	6,55
Brita (Kg)	6,45	6,45	6,45
Água (Kg)	1,39	1,38	1,38
H (%)	9,20	9,20	9,20
α (%)	57,00	57,00	57,00
a/c	0,46	0,55	0,69

Fonte: O autor (2022).

A fim de analisar as variáveis do cimento, fixou-se os demais componentes da dosagem.

A produção do concreto ocorreu no Laboratório de Materiais de Construção do Campus Aracaju do Instituto Federal de Sergipe e pautou-se nas instruções da ABNT

NBR 12655:2022, onde os materiais foram pesados separadamente, acomodados em recipientes e misturados à mão com o auxílio da colher de pedreiro. Na Tabela 11 estão apresentados todos os materiais em suas quantidades.

Tabela 11 - Materiais Utilizados em Cada Mistura.

Tipo de Concreto	Marca	m	Materiais
P4	Poty	4,0	
P5	Poty	5,0	
P6	Poty	6,5	

Tipo de Concreto	Marca	m	Materiais
N4	Nacional	4,0	 A photograph showing the materials for concrete N4. On a white table, there is a black rectangular tray filled with grey gravel, a white bowl filled with yellowish sand, and a clear plastic measuring cup. A small white card with the text "NACIONAL m = 4,0" is placed on the table.
N5	Nacional	5,0	 A photograph showing the materials for concrete N5. On a white table, there is a black rectangular tray filled with grey gravel, a white bowl filled with yellowish sand, and a clear plastic measuring cup. A small white card with the text "NACIONAL m = 5,0" is placed on the table.
N6	Nacional	6,5	 A photograph showing the materials for concrete N6. On a white table, there is a black rectangular tray filled with grey gravel, a white bowl filled with yellowish sand, and a clear plastic measuring cup. A small white card with the text "NACIONAL m = 6,5" is placed on the table.
M4	Mizu	4,0	 A photograph showing the materials for concrete M4. On a white table, there is a black rectangular tray filled with grey gravel, a white bowl filled with yellowish sand, and a clear plastic measuring cup. A small white card with the text "MIZU m = 4,0" is placed on the table.

Tipo de Concreto	Marca	m	Materiais
M5	Mizu	5,0	
M6	Mizu	6,5	

Fonte: O autor (2022).

Após a separação e pesagem dos materiais, realizou-se primeiramente a mistura dos materiais secos, iniciando com a brita e a areia (Figura 1), em seguida o cimento foi adicionado, e por último a água (Figura 2). Durante o processo, as ferramentas foram untadas com água, afim de evitar que a umidade dos materiais fosse absorvida.

Figura 1 - Mistura Seca.



Fonte: O autor (2022).

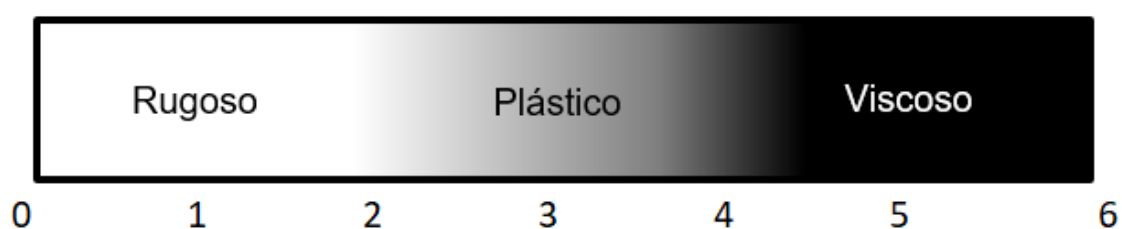
Figura 2 - Mistura Úmida.



Fonte: O autor (2022)

Durante a mistura manual do concreto observou-se também os parâmetros de rugosidade e viscosidade. Essas características foram observadas através das sensações percebidas no contato da colher de pedreiro com a mistura. Para padronizar essas características, foi desenvolvida uma escala (Gráfico 3) partindo do aspecto rugoso até o viscoso.

Gráfico 3 - Escala de Rugosidade e Viscosidade.



Fonte: O autor (2022).

Após a mistura, o ensaio do Abatimento de Tronco do cone foi executado (Figura 3), conforme a ABNT NBR NM 67:1998.

Figura 3 - Ensaio de Abatimento.



Fonte: O autor (2022).

Em seguida, foi realizada a moldagem dos corpos de prova, em formato cilíndrico, com 10 cm de seção e 20 cm de altura (Figura 4), que foram tampados com plástico, para evitar a evaporação de água da mistura. Etiquetas também foram inseridas a fim de identificá-los. Nesse processo, seguiu-se as premissas da ABNT NBR 5738:2015.

Figura 4 - Concreto Moldado em processo de Secagem.

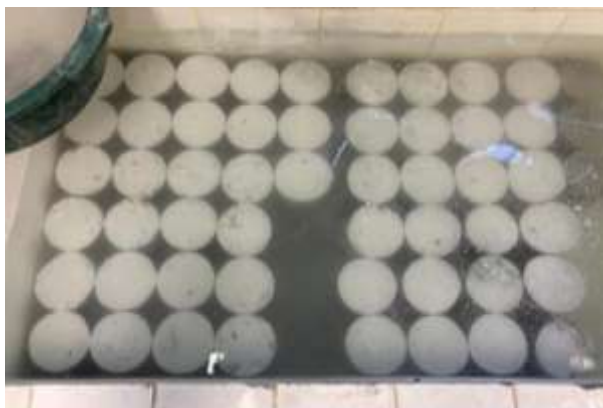


Fonte: O autor (2022)

Após secar por 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados, e colocados em um tanque preenchido com uma solução de água saturada com cal, para que o

processo de cura fosse cumprido satisfatoriamente e evitando a fuga por difusão do hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 presente no cimento (Figura 5).

Figura 5 - Corpos de Prova Submersos em Solução de Água e Cal.



Fonte: O autor (2022).

Ao todo 54 corpos de prova foram moldados, 6 para cada um dos 9 tipos de concreto. Dos 54 totais, 27 foram separados para romper com 28 dias, os demais com 50 dias, de modo que fosse possível romper o mesmo concreto em idades diferentes. Utilizando uma prensa hidráulica e obedecendo a ABNT NBR 5739:2018, o rompimento foi realizado, conforme mostrado nas Figura 6 e Figura 7.

Figura 6 - Corpo de Prova Posicionado na Prensa Hidráulica.



Fonte: O autor (2022).

Figura 7 - Corpo de Prova Após o Rompimento.



Fonte: O autor (2022).

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados deste trabalho estão apresentados na Tabela 12 a seguir:

Tabela 12 – Resultados - Variáveis Dependentes Estudadas.

	P4	P5	P6	N4	N5	N6	M4	M5	M6
Consumo de Cimento (Kg/m³)	382,89	318,4	253,86	382,72	318,29	253,79	383,05	318,51	253,94
Abatimento (mm)	140	175	190	40	70	160	160	180	200
Escala de Rugosidade e Viscosidade	2	3	3	1	3	4	3	3	4
Resistências a Compressão com 28 Dias									
Resistência a Compressão CP1 (MPa)	26,35	19,08	13,66	24,11	21,21	14,44	31,79	23,73	14,73
Resistência a Compressão CP2 (MPa)	25,01	20,68	12,57	24,24	20,69	14,58	28,73	24,17	16,77
Resistência a Compressão CP3 (MPa)	26,48	18,56	12,13	23,62	18,71	14,43	30,10	24,71	17,72
Resistência a Compressão Média (MPa)	25,95	19,44	12,79	23,99	20,20	14,48	30,21	24,20	16,41
Resistência a Compressão Potencial (Mpa)	26,48	20,68	13,66	24,24	21,21	14,58	31,79	24,71	17,72
Resistências a Compressão com 50 Dias									
Resistência a Compressão CP1 (MPa)	25,20	24,67	14,78	32,37	22,04	17,95	36,99	30,31	20,16
Resistência a Compressão CP2 (MPa)	33,80	25,18	16,61	32,91	23,43	16,14	36,87	30,31	20,66
Resistência a Compressão CP3 (MPa)	28,33	24,46	15,69	33,23	24,98	17,38	35,01	30,31	21,36
Resistência a Compressão Média (MPa)	29,11	24,77	15,69	32,84	23,48	17,16	36,29	30,31	20,73
Resistência a Compressão Potencial (MPa)	33,80	25,18	16,61	33,23	24,98	17,95	36,99	30,31	21,36

Fonte: O autor (2022).

Durante o desenvolvimento deste trabalho, para uma melhor caracterização, avaliou-se as propriedades dos concretos no estado fresco e no estado endurecido.

5.1 CONCRETO NO ESTADO FRESCO

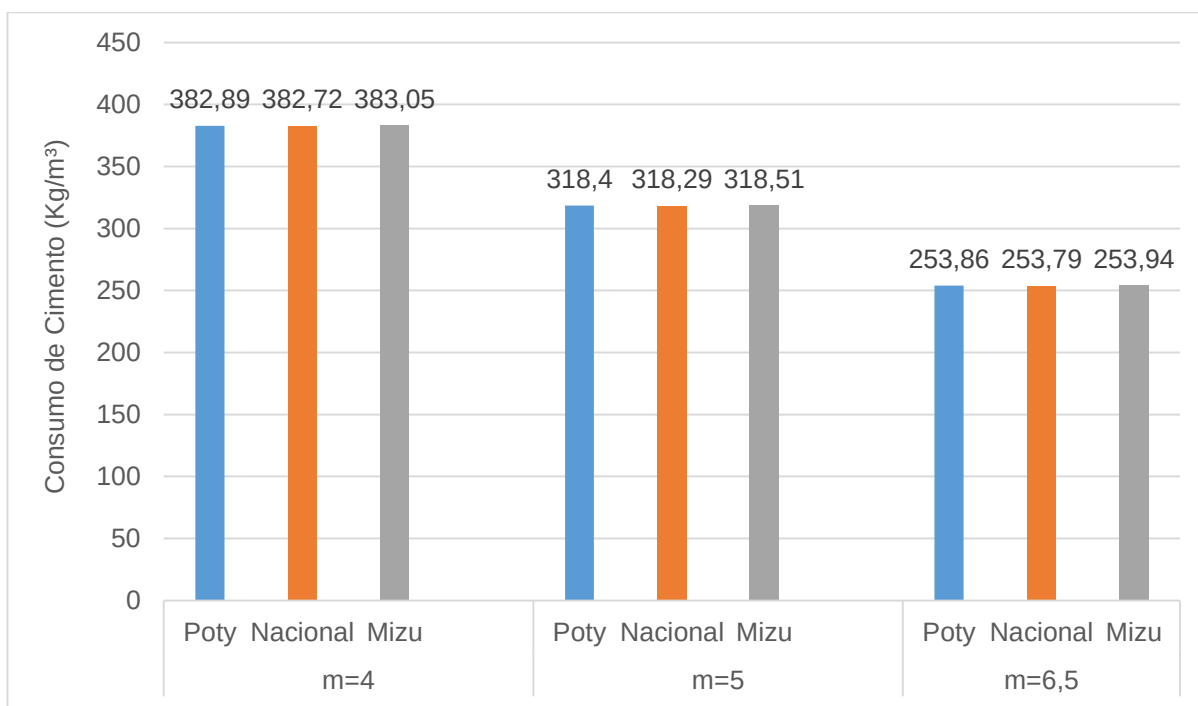
Nesta etapa, foram analisados os parâmetros relacionados ao consumo e à trabalhabilidade envolvendo consistência, viscosidade e plasticidade. Para comparar

a consistência, seguiu-se o padrão do ensaio de abatimento de tronco de cone, medido em milímetros, já no caso da viscosidade e da plasticidade, foi desenvolvida uma escala que estabelece as características observadas durante a produção do concreto.

5.1.1 Consumo

Em termos de consumo, tem-se o Gráfico 4 a seguir:

Gráfico 4 - Comparativo de Consumo de Cimento.



Fonte: O autor (2022).

Observou-se um consumo similar entre concretos com o mesmo traço. Essa característica se dá devido à massa específica das três marcas serem próximas.

5.1.2 Consistência

A Tabela 13 a seguir apresenta os valores do abatimento de tronco de cone para os nove concretos produzidos, das 3 marcas analisadas.

Tabela 13 - Resultados do Abatimento do Tronco de Cone.

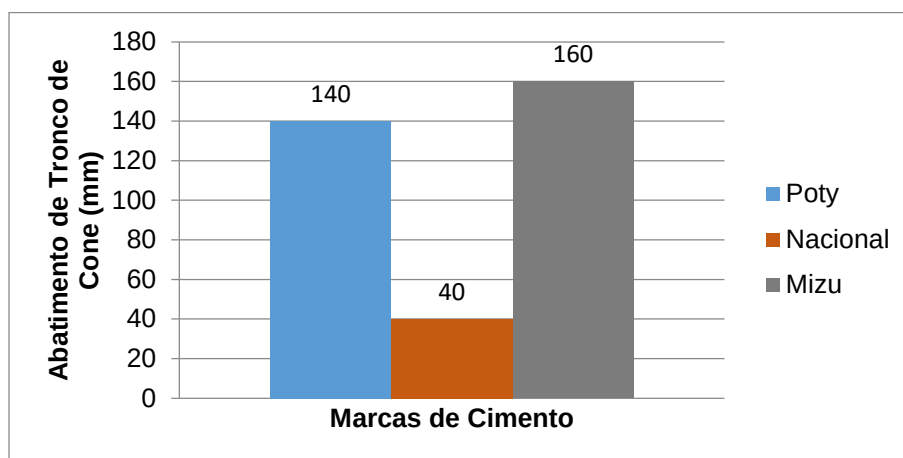
Tipo de Concreto	m	Abatimento do Tronco de Cone (mm)
P4	4,0	140
P5	5,0	175
P6	6,5	190
N4	4,0	40
N5	5,0	70
N6	6,5	160
M4	4,0	160
M5	5,0	180
M6	6,5	200

Fonte: O autor (2022).

Um ponto importante a se observar é que, mesmo mantendo-se o traço constante, as consistências diferem significativamente, demonstrando a influência da marca do cimento nos aspectos físicos do concreto fresco, de modo que, para adquirir uma consistência específica, a dosagem precisa ser desenvolvida exclusivamente para cada uma das marcas.

Através do Gráfico 5, a seguir, é possível comparar as consistências em relação às marcas, para o $m=4$.

Gráfico 5 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas, para o Traço com m=4.

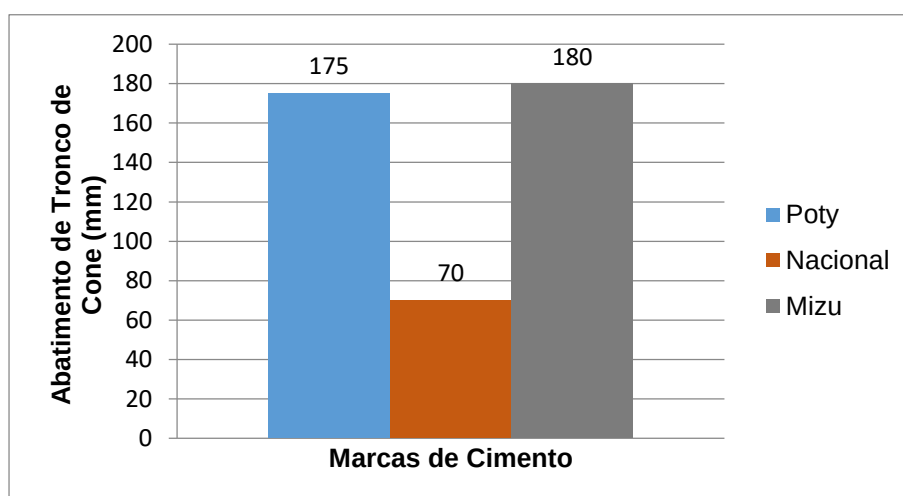


Fonte: O autor (2022).

Observou-se uma grande diferença entre o concreto produzido com cimento da marca Nacional e os demais. Entre as marcas Poty e Mizu, a variação foi de apenas 14%, já entre o Nacional e o mais próximo dele (Poty) observou-se uma diferença de 250%.

O Gráfico 6 mostra um cenário não muito diferente:

Gráfico 6 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas, para o Traço com m=5.

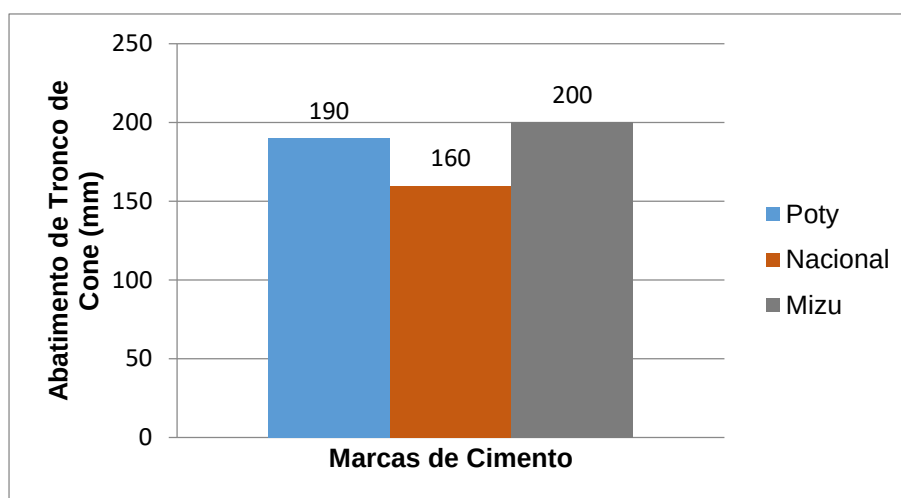


Fonte: O autor (2022).

Percebeu-se uma similaridade ainda maior entre as marcas Poty e Mizu, com apenas 3% de variação, já entre o Nacional e o Poty a diferença diminuiu, registrou-se uma variação de 150%.

Fazendo a comparação para o traço mais pobre, observa-se o Gráfico 7.

Gráfico 7 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas, para o Traço com $m=6,5$.



Fonte: O autor (2022)

A diferença entre as três marcas mostrou-se ainda menor, o que permite afirmar que, quanto mais cimento na mistura, mais suas características impactam na consistência do concreto, de modo que as diferenças tornam-se mais evidentes em traços ricos em cimento.

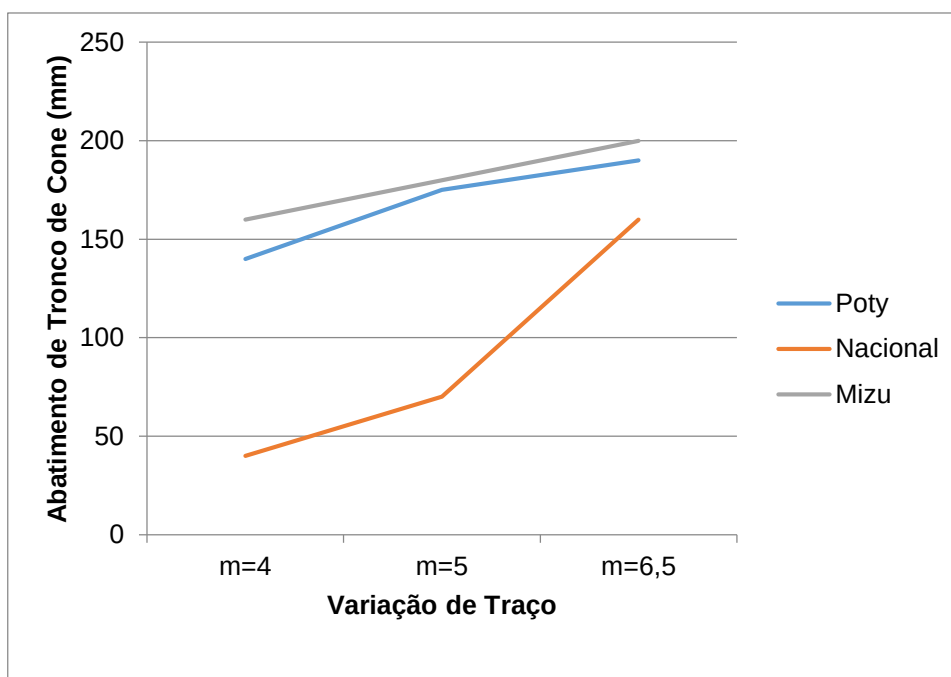
Observa-se que para todos os traços os concretos produzidos com cimento das marcas Poty e Mizu apresentaram certa similaridade, já os produzidos com a marca Nacional fogem à tendência dos demais. Em relação a essa última marca, embora também apresente consistência crescente, obtém-se apenas no traço com $m=6,5$ um concreto possível de ser lançado mecanicamente. Também apenas no traço com $m=6,5$ o concreto Nacional se aproxima dos demais.

Quando se analisa o comportamento em relação à cada marca, percebe-se uma proporcionalidade. Em todas as marcas, houve um aumento progressivo da

consistência ao passo que a quantidade de cimento era reduzida da mistura, de modo que, concretos com menos cimento tornam-se mais fluidos, menos coesos.

Através do Gráfico 8, a seguir, observa-se essa tendência comum, com destaque para o cimento Nacional, que representou um enorme salto de fluidez no abatimento.

Gráfico 8 - Comparação entre as Consistências dos Concretos das 3 Marcas.



Fonte: O autor (2022).

Na Tabela 14, a seguir, é possível notar alguns aspectos físicos dos concretos em estado fresco, principalmente os visuais.

Tabela 14 - Concretos e Seus Aspectos Visuais.

Tipo de Concreto	Marca	m	Aspecto Visual
P4	Poty	4,0	
P5	Poty	5,0	
P6	Poty	6,5	
N4	Nacional	4,0	

Tipo de Concreto	Marca	m	Aspecto Visual
N5	Nacional	5,0	
N6	Nacional	6,5	
M4	Mizu	4,0	
M5	Mizu	5,0	

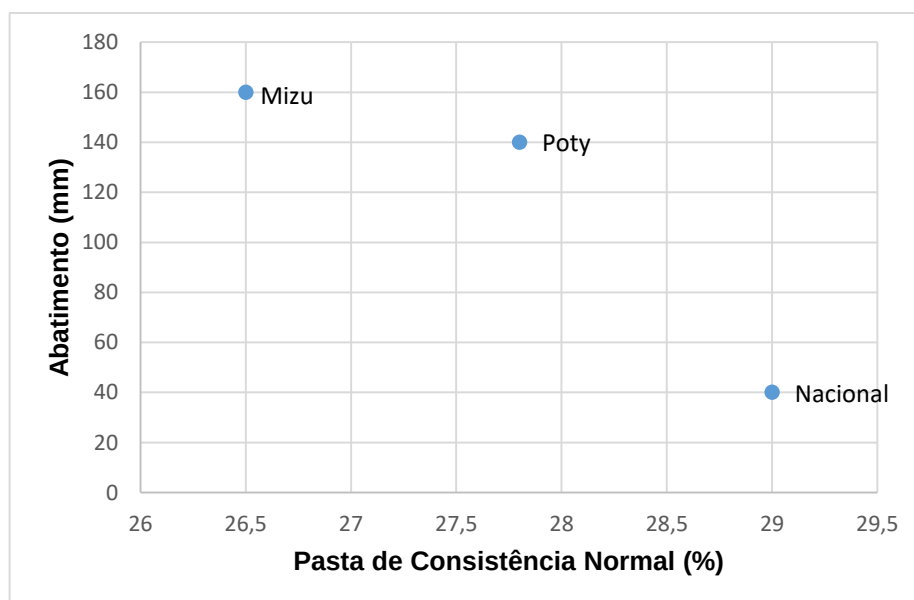
Tipo de Concreto	Marca	m	Aspecto Visual
M6	Mizu	6,5	

Fonte: O autor (2022).

Através de trabalho realizado em conjunto com Jesus (2022) analisou-se diversas características de cada uma das 3 marcas de cimento, dentre elas o índice de finura e a pasta de consistência normal. Nos gráficos a seguir é possível verificar as relações entre essas propriedades e a consistência obtida pelo ensaio de abatimento.

Para o traço com $m=4$ analisando a pasta de consistência normal obteve-se a situação descrita no Gráfico 9.

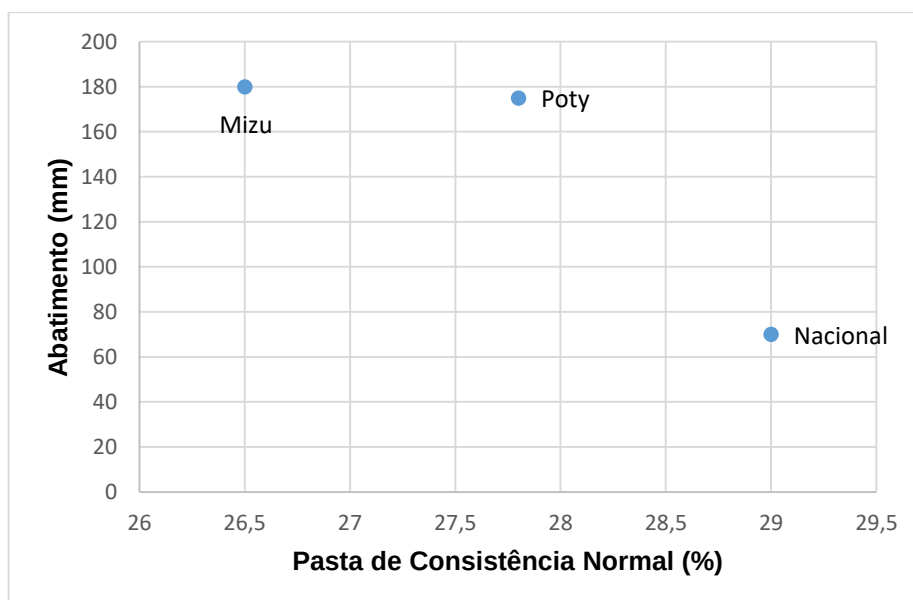
Gráfico 9 - Pasta de Consistência Normal X Abatimento para $m=4$.



Fonte: O autor (2022).

Percebe-se que o cimento nacional apresentou uma diferença significativa em relação aos demais, o mesmo caso ocorre com o concreto com $m=5$ (Gráfico 10).

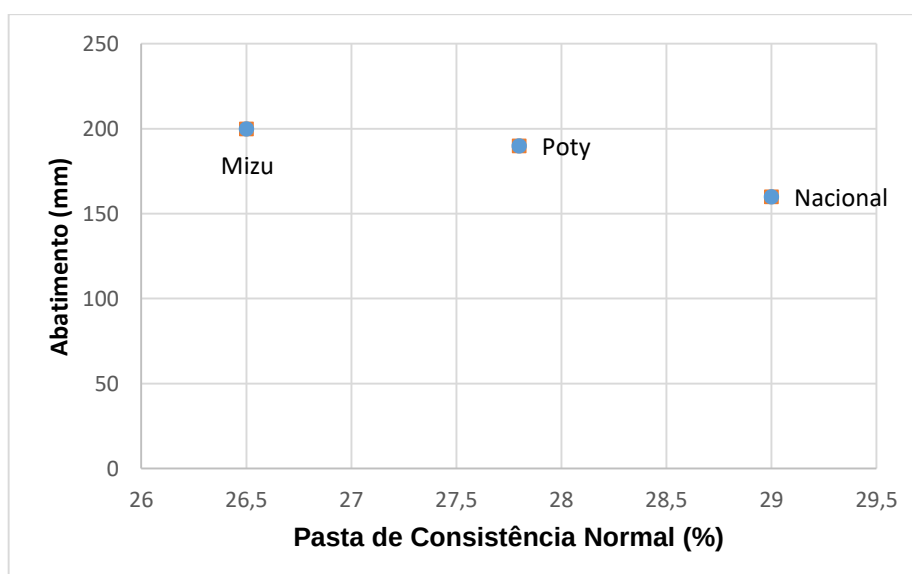
Gráfico 10 - Pasta de Consistência Normal X Abatimento para $m=5$.



Fonte: O autor (2022).

No caso do $m=6,5$, a diferença mostrou-se um pouco menor, embora ainda significativa (Gráfico 11).

Gráfico 11 - Pasta de Consistência Normal X Abatimento para $m=6,5$.

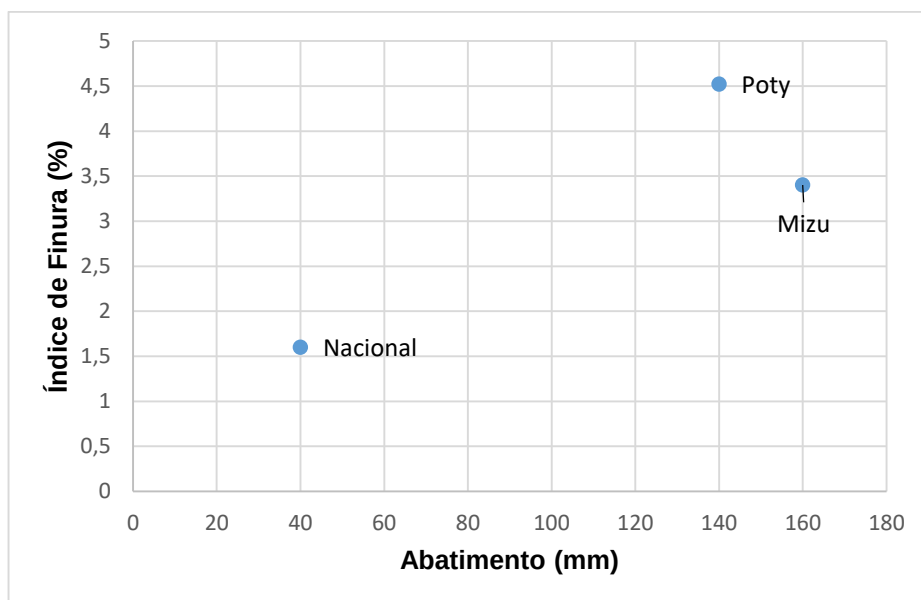


Fonte: O autor (2022).

Plotando-se gráficos com os dados do cimento com o do concreto produzido, percebeu-se que existe uma correlação: cimentos que demandam mais água para atingir a consistência normal produzem concretos menos fluidos. O caso do traço com $m=4$, por exemplo, evidencia essa correlação. O cimento Poty com apenas 26,5% de água necessária para a consistência normal conseguiu produzir um concreto com 160 mm de abatimento, enquanto o cimento Nacional, que demanda mais água, produziu um concreto com apenas 40 mm de abatimento.

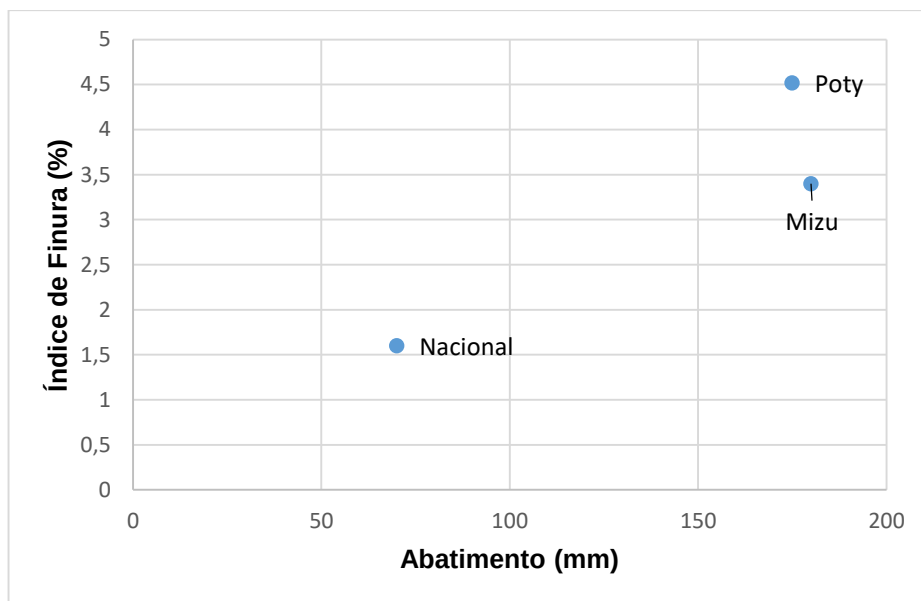
Analizando a consistência em função do índice de finura, obtém-se para o traço com $m=4$ o Gráfico 12.

Gráfico 12 - Índice de Finura X Abatimento para $m=4$.



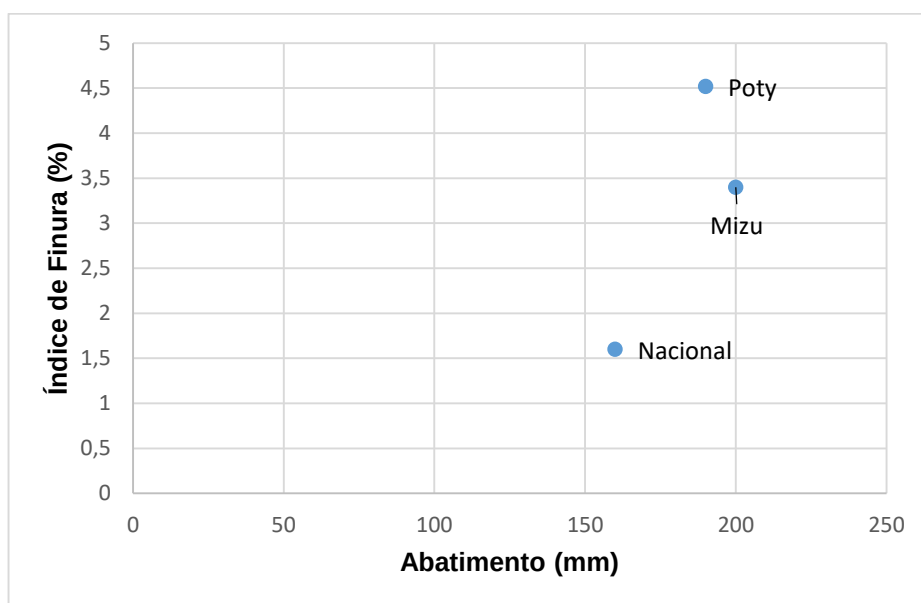
Fonte: O autor (2022).

Observa-se um comportamento similar entre o Poty e o Mizu, enquanto o Nacional destoa, evidenciando o seu comportamento diferenciado. Similar ao traço com $m=4$, tem-se o com $m=5$ (Gráfico 13).

Gráfico 13- Índice de Finura X Abatimento para m=5.

Fonte: O autor (2022).

Já para o traço com m=6,5 (Gráfico 14), a diferença diminui um pouco, porém continua significativa.

Gráfico 14 - Índice de Finura X Abatimento para m=6,5.

Fonte: O autor (2022).

Através da análise dos gráficos foi possível observar que quanto menor o índice de finura, ou seja, menor o percentual de cimento retido na peneira 75 μm , menor é o abatimento do concreto, de modo que cimentos com grãos finos, tendem a produzir concretos mais consistentes.

Observa-se também uma diferença considerável entre o cimento da marca Nacional e os das marcas Poty e Mizu. O Nacional apresenta granulometria bastante fina, quando comparada com os demais. Nos concretos com maior teor de cimento ($m=4$ e $m=5$) essa diferença é mais visível, permitindo afirmar que o cimento influencia diretamente na consistência do concreto.

5.1.3 Rugosidade e Viscosidade

Através dos aspectos físicos do concreto percebidos durante a mistura manual, obteve-se os seguintes valores (Tabela 15) para escala de rugosidade e viscosidade:

Tabela 15 - Classificação dos Concretos Quanto à Rugosidade e Viscosidade.

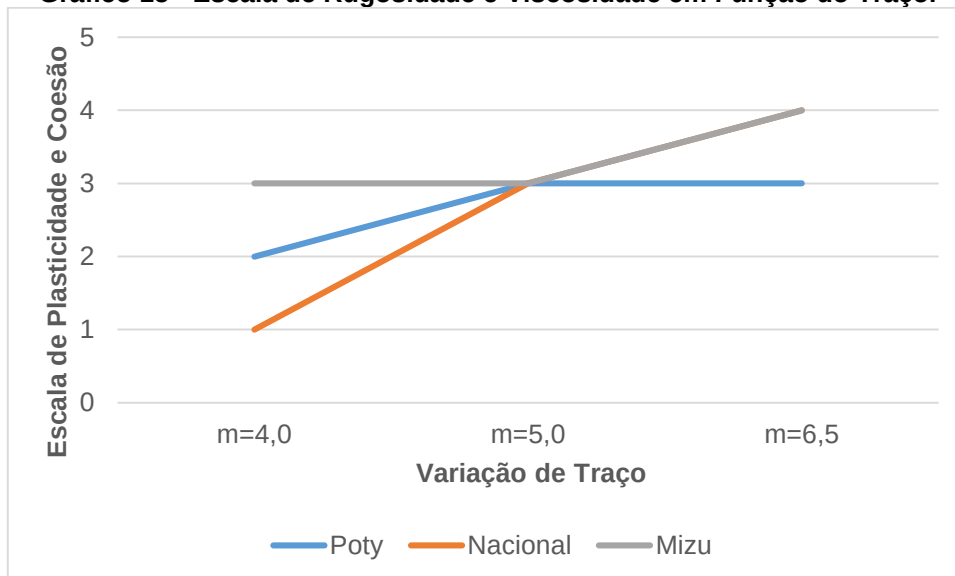
TIPO DE CONCRETO	MARCA	ESCALA
P4	Poty	2
P5	Poty	3
P6	Poty	3
N4	Nacional	1
N5	Nacional	3
N6	Nacional	4
M4	Mizu	3
M5	Mizu	3
M6	Mizu	4

Fonte: O autor (2022).

Quando comparados os resultados, percebeu-se que todos os concretos seguiram uma linha crescente de viscosidade em função da diminuição da quantidade de cimento. Nos cimentos das marcas Poty e Mizu, essa mudança ocorreu de forma

sutil, porém nos concretos produzidos com cimento da marca Nacional, percebeu-se uma grande diferença entre as texturas do N4 e N5.

Gráfico 15 - Escala de Rugosidade e Viscosidade em Função do Traço.



Fonte: O autor (2022).

Nota-se que em todas as marcas houve um aumento na viscosidade da mistura, ao passo que a quantidade de cimento era reduzida. O aumento mais significativo se deu com a marca Nacional, onde a variação entre os aspectos físicos foi mais evidente, reforçando o caráter atípico, quando comparado aos outros, do cimento desse fabricante.

5.2 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

5.2.1 Resistência a Compressão – Média dos Valores

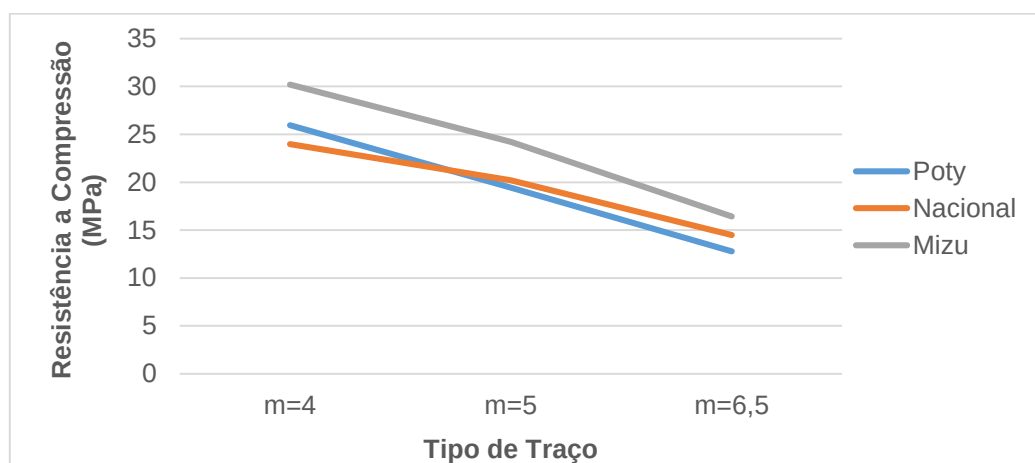
Para os concretos em estado endurecido, avaliou-se a resistência a compressão, variando apenas o “m” e as marcas de cimento. Na idade de 28 dias obteve-se o seguinte resultado:

Tabela 16 - Resistência a Compressão aos 28 Dias (MPa).

	Poty	Nacional	Mizu
m=4	26,35	24,11	31,79
	25,01	24,24	28,73
	26,48	23,62	30,1
m=5	19,08	21,21	23,73
	20,68	20,69	24,17
	18,56	18,71	24,71
m=6,5	13,66	14,44	14,73
	12,57	14,58	16,77
	12,13	14,43	17,72

Fonte: O autor (2022).

Utilizando a média das resistências de cada “m” traçou-se o seguinte gráfico:

Gráfico 16 - Resistência a Compressão aos 28 dias.

Fonte: O autor (2022).

Percebe-se que os concretos produzidos com cimento Mizu obtiveram resistência superior aos demais em todos os traços. Com o Nacional e o Poty observou-se uma alternância, de modo que o Poty só obteve maior resistência no traço com m=4.

Quando analisa-se a resistência com idade de 50 dias, o resultado é o seguinte (Tabela 17):

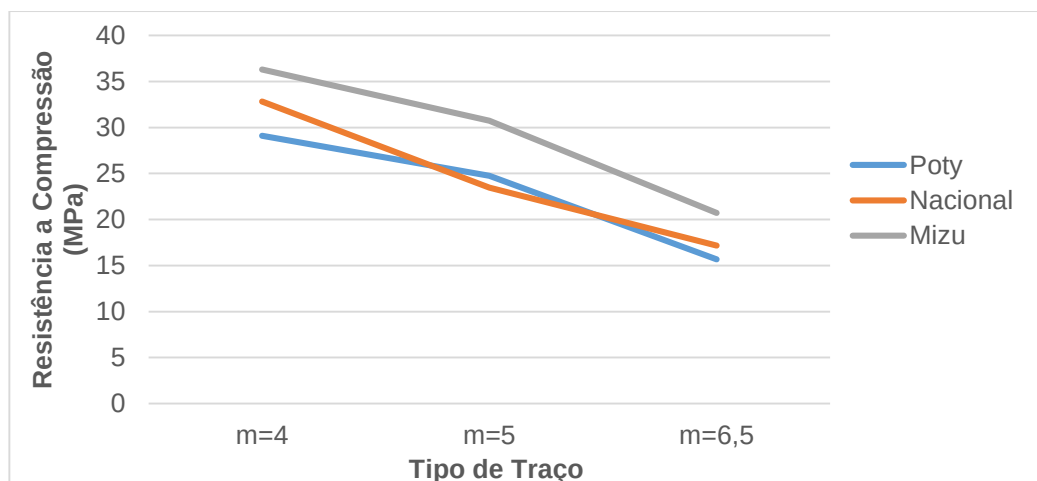
Tabela 17 - Resistência a Compressão aos 50 Dias (MPa).

	Poty	Nacional	Mizu
m=4	25,20	32,37	36,99
	33,80	32,91	36,87
	28,33	33,23	35,01
m=5	24,67	22,04	30,04
	25,18	23,43	31,83
	24,46	24,98	30,31
m=6,5	14,78	17,95	20,16
	16,61	16,14	20,66
	15,69	17,38	21,36

Fonte: O autor (2022).

Calculando a média entre os três corpos de prova, e comparando as três marcas obtém-se o Gráfico 17.

Gráfico 17 - Resistência a Compressão aos 50 dias.

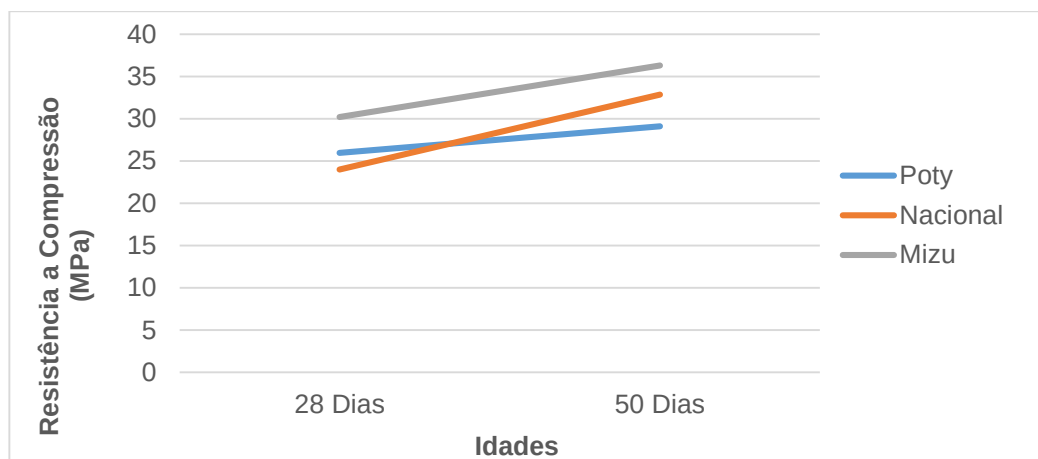


Fonte: O autor (2022).

Percebe-se que o Mizu manteve uma maior resistência em relação às outras duas marcas. Também houve uma alternância com o Poty e Nacional, porém dessa vez, o Nacional obteve um resultado melhor em dois dos três traços analisados.

Através da comparação entre o concreto em idades diferentes buscou-se analisar o ganho de resistência. O Gráfico 18 expressa esse ganho para os concretos com $m=4$.

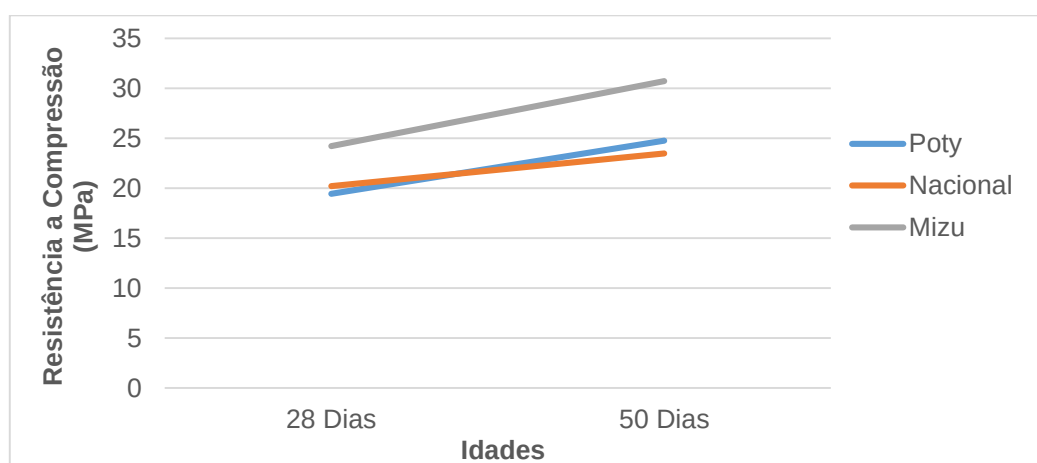
Gráfico 18 - Ganho de Resistência para $m=4$.



Fonte: O autor (2022).

Nos concretos com um maior teor de cimento (m igual a 4), percebeu-se que as marcas Mizu e Nacional apresentaram uma variação de resistência mais significativa, de modo que, em 22 dias obtiveram aproximadamente 20% e 37%, respectivamente, enquanto o Poty variou apenas 12%. O Gráfico 19 representa o cenário para concretos com $m=5$.

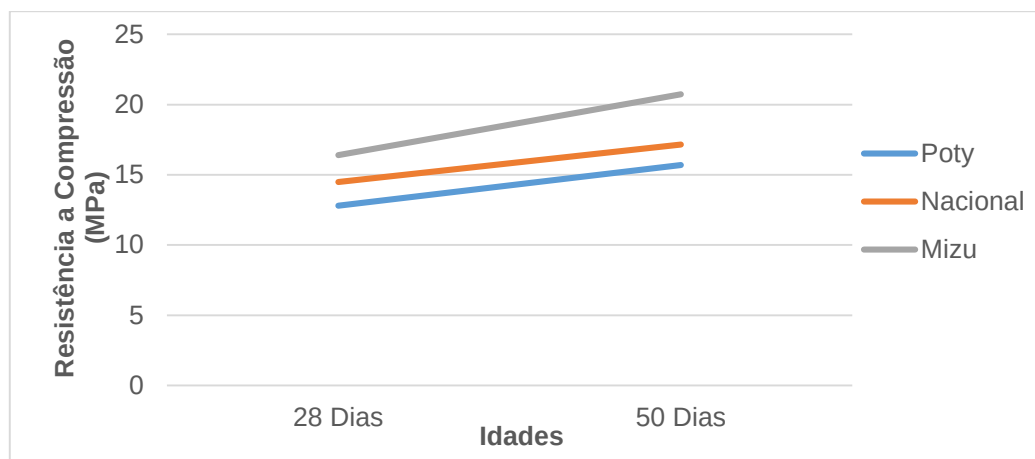
Gráfico 19 - Ganho de Resistência para $m=5$.



Fonte: O autor (2022).

Neste caso, a variação foi um pouco menor atingindo 27% para as marcas Poty e Mizu, e 16% para a Nacional. Para o concreto pobre em cimento, obteve-se o ganho expresso no Gráfico 20.

Gráfico 20 - Ganho de Resistência para m=6,5.



Fonte: O autor (2022).

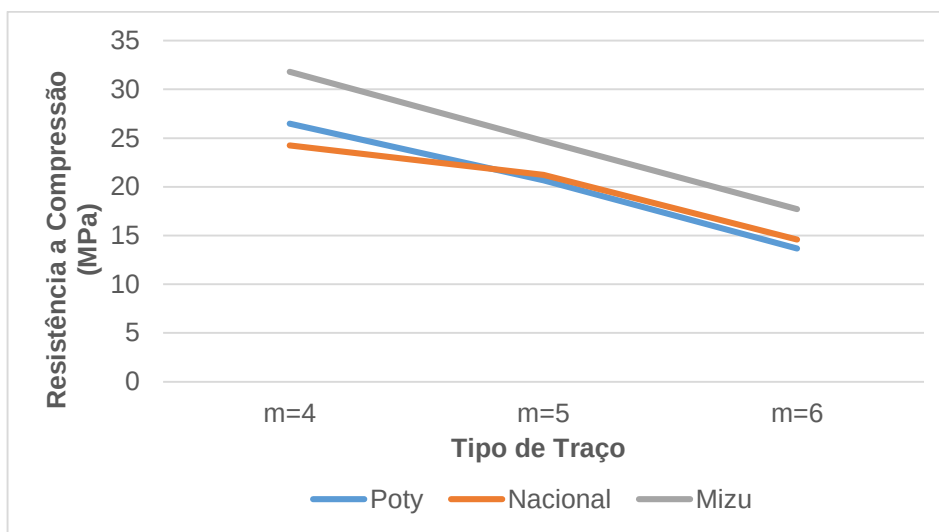
No traço pobre em cimento o concreto da marca Mizu obteve o maior ganho, com 26% a mais de resistência, em seguida, o Poty com 23%, e por último o Nacional com 19%.

5.2.2 Resistência a Compressão – Potencial

Durante a desmoldagem observou-se que alguns corpos de prova apresentaram irregularidades no seu topo, ocasionando uma má distribuição dos esforços na superfície, quando submetidos ao ensaio de resistência a compressão. A prensa hidráulica utilizada conta com uma camada de neoprene, cuja função é justamente absorver as imperfeições de superfície e distribuir melhor os esforços, porém, acredita-se que apenas esse recurso não é suficiente para concretos convencionais, de modo que, provavelmente alguns corpos de prova romperam por conta da sobrecarga aplicada nessas imperfeições, expressando então uma resistência inferior à real. Com intuito de mitigar esse inconveniente, analisou-se também a resistência potencial, ou seja, utilizando o maior valor entre os três obtidos em cada corpo de prova.

Analisando o concreto aos 28 dias obteve-se o Gráfico 21 a seguir.

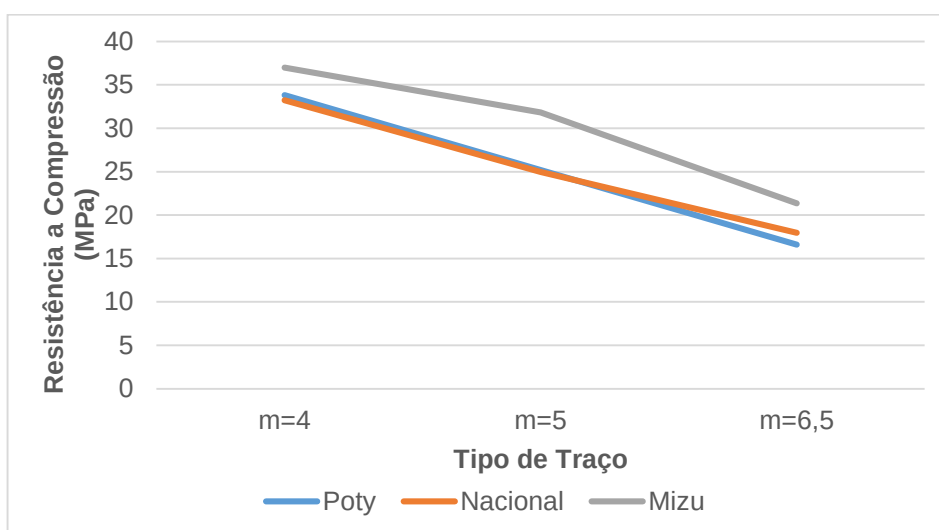
Gráfico 21 - Comparativo das Resistências Potenciais aos 28 dias.



Fonte: O autor (2022).

Percebeu-se um comportamento similar ao gráfico traçado com a média das resistências (Gráfico 16). Já para a idade de 50 dias o comportamento mudou, de modo que a diferença entre as resistências dos concretos Poty e Nacional foi quase suprimida, sobretudo nos traços com m=4 e m=5, conferindo a eles características de resistência similares nesta idade. Esse cenário é apresentado no Gráfico 22.

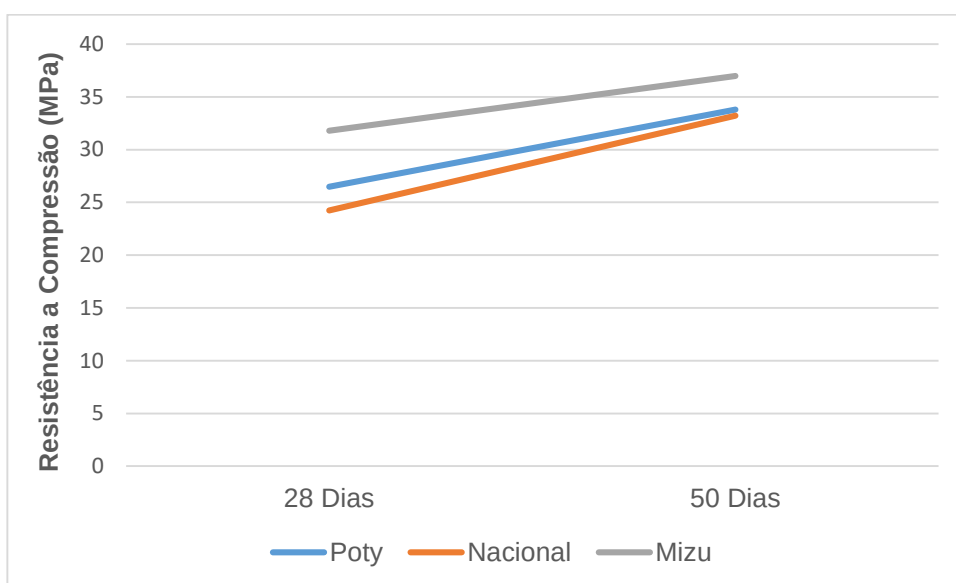
Gráfico 22 - Comparativo das Resistências Potenciais aos 50 dias.



Fonte: O autor (2022).

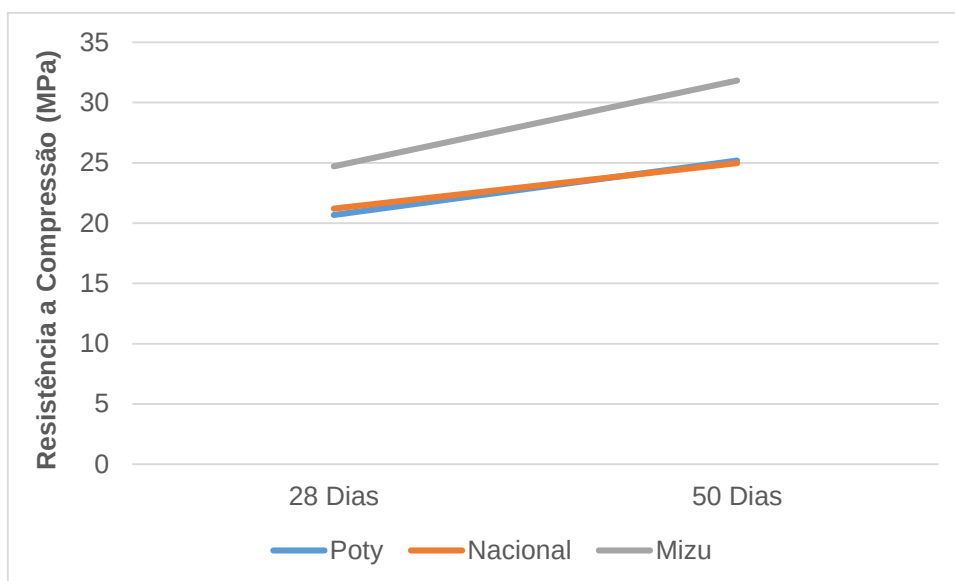
Em termos de ganho de resistência, o comportamento para concretos com $m=4$ foi um pouco diferente, quando comparado aos valores de média. Para o cimento Mizu, não houve mudanças significativas, já o Poty e o Nacional mantiveram seus padrões de ganho, diferente do primeiro caso. O Nacional apresentou um ganho maior, diminuindo a diferença entre as resistências máximas aos 50 dias, como mostra o Gráfico 23.

Gráfico 23 - Ganho de Resistência para $m=4$ - Potencial.



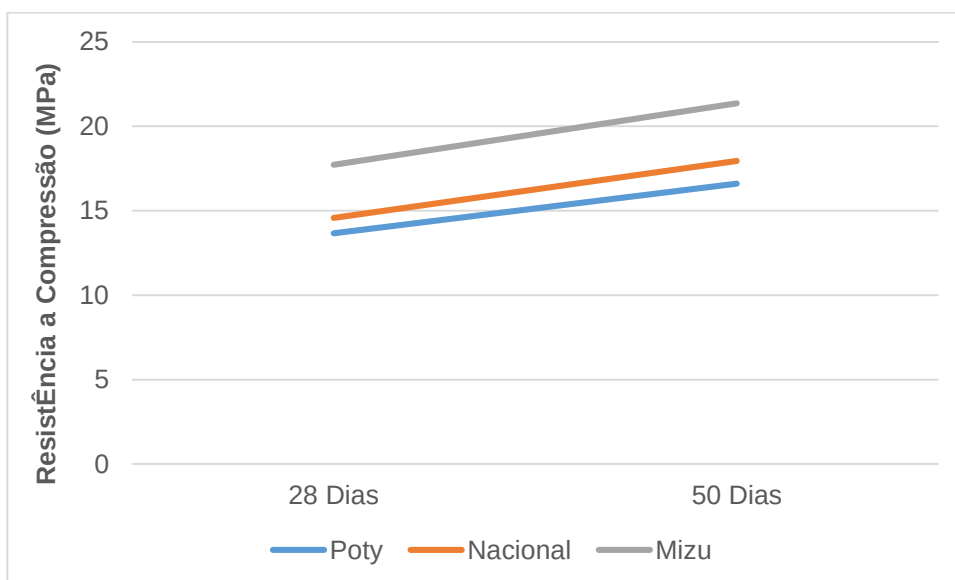
Fonte: O autor (2022).

Para o caso do traço com $m=5$, tem-se o Gráfico 24, onde é possível notar uma semelhança muito grande entre as resistências dos concretos produzidos com os cimentos Poty e Nacional.

Gráfico 24 - Ganho de Resistência para m=5 - Potencial

Fonte: O autor (2022).

Por fim, para os concretos com $m=6,5$ o comportamento foi bastante parecido com os de média, onde cada marca manteve o seu padrão de ganho, conforme o Gráfico 25.

Gráfico 25 - Ganho de Resistência para m=6,5 – Potencial.

Fonte: O autor (2022).

6 CONCLUSÃO

Através dos estudos realizados constatou-se que de fato a marca do cimento influencia diretamente nas propriedades do concreto com ele produzido. Diferenças foram observadas em concretos com dosagem, agregados e parâmetros de mistura iguais, tendo a marca do cimento como a única variação.

Em termos de consumo, as marcas apresentaram uma dinâmica parecida, pois compartilham massas específicas similares, já em relação à consistência, o concreto da marca Nacional mostrou-se diferente, com consistências muito maiores que os demais. Para a rugosidade e viscosidade, não houve um padrão, de modo que cada um obteve sua proporção no ganho de viscosidade em relação à diminuição de cimento na mistura.

Observando a resistência a compressão, as marcas Poty e Nacional apresentaram resultados similares. Já a Mizu se destacou mostrando resistências maiores nas duas idades, porém, mesmo assim, poucos concretos atingiram pelo menos 30 MPa aos 28 dias, apenas aqueles cujo consumo de cimento era maior.

Em decorrência de toda essa variabilidade, recomenda-se observar os parâmetros primordiais para cada tipo de uso do concreto antes de realizar a escolha da marca do cimento e dosagem do traço, para que seja produzido um material adequado para a execução e a utilização requeridas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Propriedades do Concreto Fresco**. Estudo Técnico ET-15. São Paulo, 2000.

_____. **Propriedades do Concreto Endurecido**. Estudo Técnico ET. 41. São Paulo, 2000.

_____. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. 7 ed. São Paulo, 2002.

_____. **Produção Nacional de Cimento por Regiões e Estados 2021**. São Paulo, 2022.

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

_____. **NBR 5738 Concreto – Procedimento para Moldagem, e Cura de Corpos de Prova**. São Paulo, 2015.

_____. **NBR 5739 Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos**. São Paulo, 2018.

_____. **NBR 12655 Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação – Procedimento**. São Paulo, 2022.

BOGGIO, Aldo J. **Estudo Comparativo de Métodos de Dosagem de Concretos de Cimento Portland**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

DAFICO, D. A. **Contribuição ao Estudo da Dosagem do Concreto de Cimento Portland**. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 1997.

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

JESUS, P. H. S. **Caracterização das marcas de cimento e sua influência nos concretos convencionais**. Trabalho de Conclusão de Curso, Aracaju: Instituto Federal de Sergipe, 2022.

METHA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: 2014.

MIZU. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**. Baraúna: 2020. Disponível em: <<https://mizu.com.br>>. Acesso em: 25/06/2022.

MOREIRA, A. M. **Materiais Compósitos**. Departamento de Engenharia Civil, Bragança: Instituto Politécnico de Tomar, 2009.

NACIONAL. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**. Sete Lagoas: 2018. Disponível em: <<https://cimentonacional.com.br>>. Acesso em: 25/06/2022.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5ª edição. Trad. Ruy Alberto Cremonini. Ed. Bookman. São Paulo, 2016.

PETRUCCI, E. G. **Concreto de Cimento Portland**. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 1998.

POTY. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico**. São Paulo: 2020. Disponível em: <<https://votorantimcimentos.com.br>>. Acesso em: 25/06/2022.

SILVA, G. S. **Dosagem de Concretos Convencionais Utilizando Materiais Comercializados no Estado de Sergipe pelo Método IPT/EPUSP**. Trabalho de Conclusão de Curso, Aracaju: Instituto Federal de Sergipe, 2020.

TORALLES, B. M. Et al. **Estudo comparativo de diferentes métodos de dosagem de concretos convencionais**. Revista de Engenharia e Tecnologia. v. 10, n. 1, páginas 184-198. Abril, 2018.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. In: 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Florianópolis. Santa Catarina: IBRACON, 2011.

VALERIANO, L. S. **Estudo da Variabilidade da Resistência à Compressão e da Consistência de Concreto Usinado utilizando CPl 40**. Trabalho de Conclusão de Curso, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2021.

VILELA, S. R. S. **Influência do Cimento Portland Comercializado em Aracaju - Sergipe em Concretos Convencionais**. Trabalho de Conclusão de Curso, Aracaju: Instituto Federal de Sergipe, 2017.