

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

DIRETORIA DE ENSINO

COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

PAULO HENRIQUE SANTANA DE JESUS

**CARACTERIZAÇÃO DAS MARCAS DE CIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NO
CONCRETO CONVENCIONAL**

MONOGRAFIA

ARACAJU

2022

PAULO HENRIQUE SANTANA DE JESUS

**CARACTERIZAÇÃO DAS MARCAS DE CIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NO
CONCRETO CONVENCIONAL**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador: Prof. Dr^a. 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).

Jesus, Paulo Henrique Santana de.

J58c Caracterização das marcas de cimento e sua influência no concreto
convencional. / Paulo Henrique Santana de Jesus. – Aracaju, 2022.

59 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Cristina Nascimento Santos Pereira.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto
Federal de Sergipe, 2022.

1. Cimento. 2. Caracterização. 3. Concreto. 4. Dosagem. I. Pereira,
Carla Cristina Nascimento Santos. II. Título.

CDU 691.32

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia Nº 222

**CARACTERIZAÇÃO DAS MARCAS DE CIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NOS
CONCRETOS CONVENCIONAIS.**

PAULO HENRIQUE SANTANA DE JESUS

Esta monografia foi apresentada às 09h00 do dia 18 de fevereiro 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^a. M.Sc. Euler Wagner Freitas Santos

(IFS – Campus Aracaju)



Prof. M.Sc. Marcílio Fabiano Goivinho da
Silva

(IFS – Campus Aracaju)



Prof^a. Dr^a. Carla Cristina N. Pereira

(IFS – Campus Aracaju)

Orientadora



Documento assinado digitalmente

Pablo Gleydson de Sousa

Data: 04/03/2022 14:33:05-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa

(IFS – Campus Aracaju)

Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, meu guia em todas as horas.

Adiante, agradeço aos meus pais, Adriana e Bedoia, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando em todos os momentos e por todo amor, carinho e cuidado. Amo vocês.

A meus irmãos Carlinhos e João Vitor, por acreditarem sempre em mim. Amo vocês.

A minha namorada Duda, por estar ao meu lado em todos os momentos. A toda minha família pelo suporte, amor e apoio. As minhas cunhadas e a minha sobrinha Maria Helena. Aos meus tios e primos, em especial aos meus primos Lucas e Alveron, os quais posso contar sempre. As minhas avós Lusiene e Ivonete por todo o amor depositado em mim.

Aos meus irmãos que a faculdade me deu: Daniel, Luan e Jonh, os quais compartilhamos diversos momentos. Aos meus amigos da galera do petém, e as minhas amigas Tayná e Meyrianne, pelos momentos de descontrações e estudos. Todos vocês de alguma forma se fizeram presentes e compartilharam dessa caminhada comigo.

Agradeço a todos os professores da COEC, pelo grande aprendizado, em especial a minha orientadora Prof. Dr. Carla Cristina, por todo apoio, por toda sabedoria compartilhada, pelos conselhos, momentos de descontração e motivação. Foi um prazer enorme trabalhar com você.

Ainda, agradeço aos técnicos do laboratório por sempre estarem dispostos a ajudar, em todos os momentos que precisei.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação. Obrigado por tudo.

RESUMO

JESUS, Paulo Henrique Santana. **Caracterização das marcas de cimento e sua influência no concreto convencional**. 59 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

Utilizado nos grandes monumentos do Egito antigo, o cimento é o material de extrema importância nas construções até a atualidade. O concreto, material mais utilizado na construção civil, tem como sua principal matéria prima o Cimento Portland, dessa maneira é necessário conhecer o cimento, suas características e sua aplicação no concreto. Desse modo, o objetivo principal desse trabalho é apresentar os resultados e análises dos ensaios de caracterização feitos em alguns cimentos comercializados no estado de Sergipe, sendo elas das marcas Poty, Mizu e Nacional, todos da categoria CP II – F 32 RS, e realizar um estudo de dosagem feito com o cimento Poty, buscando identificar discrepâncias nos concretos convencionais analisados, seja ele no estado fresco ou endurecido. Para isso foram definidas as variáveis dependentes: pasta de consistência normal, índice de finura, tempo de início de pega, expansibilidade a quente e resistência à compressão, de modo que todos os ensaios de caracterização foram comparados e verificados quanto a norma vigente. Para o estudo de dosagem feito com o cimento Poty adotou-se como as variáveis dependentes a resistência à compressão do concreto e o abatimento do tronco cone, onde foram fixados os parâmetros de mistura: teor de argamassa seca, proporção de agregados e relação água/materiais secos para obter os valores da relação água/cimento e o consumo de cimento, utilizando como método de dosagem o IPT/EPUSP. Desse modo, após serem analisado os resultados obtidos neste trabalho notou-se que as marcas de cimento apresentaram algumas incoerências e variações em seus resultados. De acordo com as bibliografias utilizadas, nenhuma das marcas atendeu a resistência à compressão estabelecida por norma. Para a análise dos traços feitos com o cimento Poty, pôde ser visto um resultado sem muita variabilidade, no entanto, apenas dois traços obtiveram resultados consideráveis para utilização do concreto convencional, onde foram feitos os ensaios de resistências à compressão e abatimento do tronco de cone.

Palavras-chaves: Cimentos; Caracterização; Marca; Concreto; Dosagem.

ABSTRACT

JESUS, Paulo Henrique Santana. **Characterization of cement brands and their influence on conventional concrete.** 59 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

Used in the great ancient Egypt monuments, cement is an extreme important construction material until today. Concrete, the most used material in civil construction, has Portland Cement as its main raw material, so it is necessary to know the cement, its characteristics and its application in concrete. Thus, the main objective of this work is to present the results and analyzes of the characterization tests carried out on some cements brands sold in the state of Sergipe, namely Poty, Mizu and Nacional, all of the CP II - F 32 RS category, and to carry out an study of dosage made with Poty cement, the most commercialized in the state of Sergipe, seeking to identify discrepancies in the conventional concrete analyzed, whether fresh or hardened. For this, the dependent variables were defined: paste of normal consistency, fineness index, initial setting time, hot expandability and compressive strength, so that all characterization tests were compared and verified as to the current standard. For the dosage study carried out with the Poty cement, the compressive strength and the consistency through the slump test were adopted as the dependent variables, where the mixing parameters were fixed: dry grout content, aggregates proportion, and water and dried materials ratio to obtain the values of the water/cement ratio and the cement consumption, using the IPT/EPUSP as the dosing method. Thus, after analyzing the results obtained in this research, it was noted that the cement brands presented some inconsistencies and variations in their results, according to the bibliographies used, none of the brands match the compressive strength established by norm. For the analysis of the traces made with Poty cement, a not much variable result could be seen, however only two traces obtained considerable compressive and slump strengths for a conventional concrete.

Keywords: Cements; Description; Brand; Concrete; Dosage.

LISTA DE FLUXOGRAMA

Fluxograma 1 -Fatores básicos do processo de dosagem	22
Fluxograma 2 - Fluxograma das variáveis estudadas	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aparelho de Vicat com a sonda de Tetmajer	33
Figura 2 - Peneiramento do cimento	33
Figura 3 - Aparelho de Vicat com a agulha de Vicat	34
Figura 4 - Agulhas de Le Chatelier na cura inicial	35
Figura 5 - Agulhas de Le Chatelier no termorregulador	35
Figura 6 - Misturador mecânico	36
Figura 7 - Corpos de prova cilíndricos de cimento	36
Figura 8 - Corpo de prova na prensa sendo rompido	37
Figura 9 - Corpos de prova rompidos	37
Figura 10 – Equipamentos para ensaio de abatimento do troco de cone	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites normativos dos ensaios de caracterização do cimento	29
Tabela 2 - Resultado da análise granulométrica do agregado miúdo	30
Tabela 3 - Resultado da massa específica do agregado graúdo	31
Tabela 4 - Resultado da massa unitária do agregado graúdo	31
Tabela 5 - Resultado dos ensaios de caracterização dos cimentos	39
Tabela 6 - Ensaio do concreto com o cimento Poty para os traços analisados	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resultado da curva granulométrica agregado miúdo	30
Gráfico 2 - Resultado da curva granulométrica do agregado graúdo	32
Gráfico 3 - Ensaio de caracterização dos cimentos	39
Gráfico 4 - Ensaio de caracterização do cimento Poty	40
Gráfico 5 - Ensaio de caracterização do cimento Mizu	41
Gráfico 6 - Ensaio de caracterização do cimento Nacional	41
Gráfico 7 - Comparativo entre a pasta de consistência normal das marcas de cimento	42
Gráfico 8 - Comparativo entre os índices de finura das marcas de cimento	42
Gráfico 9 - Comparativo entre os tempos de inícios de pega das marcas de cimento	43
Gráfico 10 - Comparativo entre a expansibilidade a quente das marcas de cimento	43
Gráfico 11 - Comparativo entre as resistências a compressão das marcas de cimento	44
Gráfico 12 - Correlação entre resistência à compressão e pasta de consistência normal	45
Gráfico 13 - Correlação entre resistência à compressão e índice de finura	45
Gráfico 14 - Correlação entre expansibilidade a quente e tempo de início de pega	46
Gráfico 15 - Correlação entre pasta de consistência normal e índice de finura	47
Gráfico 16 - Correlação entre índice de finura e tempo de início de pega	47
Gráfico 17 - Correlação entre resistência à compressão e expansibilidade a quente	48
Gráfico 18 - Resistência à compressão dos concretos para determinados "m"	49
Gráfico 19 - Determinação do abatimento do concreto para respectivos traços	50
Gráfico 20 - Determinação da relação água cimento do concreto dos traços analisados	51
Gráfico 21 - Consumo de cimento para os traços determinados	51
Gráfico 22 - Correlação entre resistência à compressão e abatimento do concreto	52
Gráfico 23 - Correlação entre resistência à compressão e o consumo de cimento	53
Gráfico 24 - Correlação entre a resistência à compressão e a relação a/c	53
Gráfico 25 - Correlação entre consumo de cimento e abatimento (Slump Test)	54
Gráfico 26 - Correlação entre o abatimento (Slump Test) e a relação a/c	55
Gráfico 27 - Correlação entre o consumo de cimento e a relação a/c	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivo específico	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1. Cimento Portland: definição e tipos	15
3.1.1 Cimento Portland Comum	16
3.1.2 Cimento Portland Composto	16
3.1.3 Cimento Portland de Alto Forno	17
3.1.4 Cimento Portland Pozolânico	17
3.1.5 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	17
3.1.6 Cimento Portland Resistentes aos Sulfatos	17
3.1.7 Cimento Portland Branco	18
3.1.8 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação	18
3.2. Pesquisa recentes sobre cimento Portland	18
3.3. Influência do cimento nos concretos convencionais	19
3.4. Método IPT e comparativo com outros métodos de dosagem	22
3.4.1. Método de dosagem ITP/EPUSP	23
3.4.2. Método de dosagem ABCP/ACI	25
3.4.3. Método de dosagem ITES/ELÁDIO PETRUCCI	26
3.5. Trabalho similares	26
4. METODOLOGIA	28
4.1. Materiais	28
4.1.1. Aglomerantes	28
4.1.2. Agregado miúdo	29
4.1.3. Agregado graúdo	31
4.1.4. Água	32
4.2. Métodos	32
4.2.1. Pasta de consistência normal	32
4.2.2. Índice de finura	33
4.2.3. Tempo de início de pega	34
4.2.4. Expansibilidade a quente	34
4.2.5. Resistência à compressão do cimento	35
4.2.6. Resistência à compressão do concreto	36
4.2.7. Abatimento do concreto (Slump test)	38
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	38
5.1. Resultados e análises das marcas de cimento	38
5.2. Resultados e análise dos concretos convencionais feitos com cimento Poty	49
6. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

O cimento começou a ser utilizado no antigo Egito para as grandes construções, mas só em 1824 o cimento Portland foi patenteado pelo inglês Joseph Aspdin. O cimento Portland tem esse nome devido à pedra de Portland utilizada para construir na Inglaterra, que era encontrada em uma ilha no sul desse país.

O cimento Portland é o material usualmente mais conhecido na construção civil. Esse pó fino tem propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água, e enquanto já endurecido não se decompõe mais quando submetido a água novamente. O cimento misturado com água e outros materiais de construção, a exemplo areia, brita, a cal e outros, resultam na formação de concretos e argamassas usadas em construções em geral.

O concreto é uma mistura homogênea entre cimento, agregados miúdos e graúdos, água e ar, podendo ou não conter aditivos químicos e adições, que melhoram ou modificam suas propriedades. Algumas das propriedades do concreto misturado, tais como consistência, plasticidade, coesão e estabilidade, devem proporcionar, operações e manuseios, para que possam ser lançados nas fôrmas, adquirindo resistência com o passar do tempo, pela ação de hidratação do concreto (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Os materiais utilizados no concreto necessitam de uma proporção correta, e esse estudo é chamado de dosagem, no qual se define essa proporção conhecida como traço. Esses estudos são de extrema importância para se conhecer o concreto mais próximo do ideal, levando em conta suas propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade, além da sua trabalhabilidade.

Em busca de um material com uma boa qualidade, que esteja de acordo com os padrões normativos, fez-se necessário um estudo de caracterização nos cimentos Poty, Mizu e Nacional, comercializados no estado de Sergipe. Devido a pandemia do COVID 19 o estudo de dosagem foi feito apenas com o cimento Poty, no entanto é o cimento mais comercializado no estado. A análise do traço se faz necessária para sabermos a quantidade dos materiais buscando um aperfeiçoamento dos fatores em questão, enquanto que a qualidade dos cimentos, bem como de agregados, influencia

diretamente nas propriedades do estado fresco e endurecido dos concretos, tornando essa análise fundamental para a Indústria da Construção do estado de Sergipe.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é realizar um estudo, fazendo os ensaios de caracterização nas marcas de cimento, Poty, Mizu e Nacional, comercializadas no estado de Sergipe, descobrindo assim a real situação do material mais utilizado na construção civil no estado.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar as marcas de cimentos analisadas em diversos ensaios como pasta de consistência normal, índice de finura, tempo de início de pega, expansibilidade a quente e resistência à compressão.
- Verificar se as marcas de cimentos testadas estão de acordo com as normas técnicas vigentes.
- Determinar a influência dos parâmetros de mistura nas propriedades do estado fresco com o cimento Poty.
- Analisar a influência de determinados traços no ensaio de resistência à compressão, para o concreto produzido com o cimento Poty.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cimento Portland: definição e tipos

O cimento Portland é o material mais utilizado na construção civil, com uma grande diversidade no campo de aplicação. Sua principal propriedade é a de agir como um adesivo, unindo materiais e obtendo uma resistência após o endurecimento.

O cimento Portland é uma mistura íntima entre calcário, argila ou outros materiais silicosos, alumina e materiais que contenham óxido de ferro, onde essa mistura vai ao forno para a queima à temperatura de clínquerização. Dessa queima resulta o clínquer, que vai ser moído com adições e gesso, no processo final de fabricação do cimento.

O clínquer tem a maior composição nos cimentos e as adições podem variar de acordo com os tipos, e tem como matéria prima o calcário e argila, que são queimados formando-o. O cimento tem como propriedade a capacidade de reagir com água, tornando-se pastoso e, posteriormente, endurecendo, adquirindo durabilidade e resistência. As adições são matérias primas que misturadas ao clínquer na fase de moagem permitem a fabricação de diversos tipos de cimento, esses materiais são o gesso, as escórias de alto forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos. (NEVILLE, 2016).

As matérias primas para fabricação do cimento já mostram características importantes de acordo com as propriedades do cimento, sendo ela o calcário, argila e gesso.

O Calcário é o material responsável pelo preenchimento, capaz de penetrar nos interstícios das demais partículas e agir como lubrificante, tornando o produto mais plástico e não prejudicando a atuação dos demais elementos. Ele é também um material de diluição do cimento, utilizado para reduzir o teor de outros componentes de maior custo, desde que não ultrapasse os limites de composição ou reduza a resistência mecânica a níveis inferiores ao que estabelece a norma ou especificação.

A argila é um material que em sua composição tem compostos importantes para o cimento como silicatos de alumínio hidratados, óxidos de ferro, alumínio e sílica.

O gesso, nome comum dado à gipsita, é um agente adicionado com o intuito de regular o tempo de pega do cimento, para que o mesmo não endureça muito rápido, atrapalhando a trabalhabilidade do cimento.

Os principais compostos utilizados para fabricação do clínquer são o silicato tricálcico (C3S) que é responsável pela resistência do cimento até os 28 dias, o silicato dicálcico (C2S) tem a responsabilidade de dar a resistência ao cimento nas idades maiores, o aluminato tricálcico (C2A) é responsável pelo calor de hidratação e pelas resistências iniciais, e o ferroaluminato tetracálcico (C4AF) tem a função de melhorar o desempenho do cimento a ação de águas sulfatadas (MEHTA & MONTEIRO, 2008); NEVILLE (2016).

Com o desenvolvimento do cimento Portland, começou a se adicionar outros materiais à sua composição, sendo criados novos tipos de cimentos. Todos estão especificados de acordo com a ABNT NBR 16697:2018, e de acordo com essa Associação os cimentos ofertados no mercado atualmente são os descritos nos itens a seguir.

3.1.1 Cimento Portland Comum

Conhecido como CP I, recebe esse nome por não apresentar nenhum tipo de adição. E apenas adicionado gesso para retardar o início de pega, assim possibilitando um maior tempo de aplicação do cimento. Estão na classe de resistência de 25, 32 e 40 MPa.

3.1.2 Cimento Portland Composto

É o cimento que recebe adições em sua composição e é dividido em três tipos. Estão na classe de resistência de 25, 32 e 40 MPa.

- CP II - E (Cimento Portland com adição de escória de alto forno): Consegue obter maiores resistências iniciais e finais, tem capacidade de liberar o calor lentamente ao reagir com água e pode ser atacado por sulfato.
- CP II - Z (Cimento Portland com adição de material pozzolânico): Possui baixo calor de hidratação e baixo ganho de resistências nas primeiras idades.

- CP II - F (Cimento Portland com adição de material carbonático - fíler): Este cimento é constituído por fíler calcário e gesso, tendo uma secagem rápida. Devido sua grande aplicação, podendo está em todas as etapas da obra, é um dos tipos de cimento mais utilizados do Brasil.

3.1.3 Cimento Portland de Alto Forno

O CP III é um cimento que tem em sua composição cerca de 35% a 70% de escória. Em relação ao cimento comum ele apresenta maior impermeabilidade, durabilidade e maior resistência à compressão a longo prazo. Geralmente é utilizado em grandes volumes de concreto devido baixo calor de hidratação e em obras de ambientes agressivos e expostas a ação de água corrente, devido baixa porosidade.

3.1.4 Cimento Portland Pozolânico

O CP IV tem cerca de 15 % a 50% de material pozolânico, ele apresenta maior impermeabilidade, durabilidade e maior resistência à compressão a longo prazo em relação ao cimento comum. Tem um baixo calor de hidratação e resistência a ambientes agressivos, com presença de água.

3.1.5 Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

O CP V – ARI tem a particularidade de atingir altas resistências nos primeiros dias de aplicação, e vai ganhando até os 28 dias. Esse fato ocorre devido a dosagem de argila e calcário diferente na produção do clínquer e pela moagem mais fina do cimento. Exige uma cura bastante cuidadosa devido ao alta reatividade do cimento com a água nas baixas idades.

3.1.6 Cimento Portland Resistentes aos Sulfatos

O CP-RS oferece resistência aos meios agressivos sulfatados, utilizado para recuperação estrutural, obras de rede de esgoto, ambientes industriais e água do mar. Ele pode estar em conformidade com os cimentos CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V-ARI.

3.1.7 Cimento Portland Branco (CPB)

O CPB se diferencia dos demais devido sua cor branca, que é obtida a partir da matéria prima que, tem um baixo teor de óxido de ferro e manganês, e condição especial durante a fabricação. A utilização de caulim no lugar da argila, além do resfriamento e moagem do produto também são responsáveis pela coloração branca do cimento.

3.1.8 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação

O cimento Portland BC tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor, evitando o aparecimento de fissuras de origem térmica, oriundo da hidratação do cimento. É comum sua utilização em peças com grandes volumes de concreto.

3.2 Pesquisa recentes sobre cimento Portland

SIMONETO (2020), fez um estudo exploratório em 2020, avaliando a alteração da finura e composição do cimento Portland brasileiro nas últimas décadas. A finura do cimento apresenta relação direta com a reatividade do mesmo com água, pois quanto menor o grão, mais rápido é a reação e maior é a demanda de cimento por água, desta forma há uma maior liberação de calor e ganho de resistência. O efeito da composição química está associado com o ganho de resistência e com a liberação de calor do cimento. A partir do estudo foi possível sistematizar os efeitos positivos e negativos das variações do cimento e propor possíveis soluções para os problemas. A respeito da finura constatou-se uma grande variação nos diversos cimentos brasileiros, alguns de maneira positiva e outros de maneira negativa. Quanto a composição, a maioria dos cimentos apresentaram uma estabilidade e poucos cimentos tiveram variação negativa. Para solucionar os problemas do uso de cimentos mais finos o autor relatou que é necessário otimizar a dosagem, reduzir a relação água/cimento, diminuir o consumo de cimento por m^3 , escolher corretamente o cimento e controlar o processo de cura, essas medidas devem ser tomadas para se adaptar as variações dos cimentos.

GIRARDI (2014), analisou a variabilidade do cimento Portland que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul no período de 1992 a 2012. A variação do cimento influenciará nas propriedades do concreto, pois o cimento é o seu principal constituinte. O estudo analisou a variabilidade de diferentes tipos e marcas de cimentos produzidos no Brasil, levando em conta a resistência à compressão e também determinou os coeficientes de crescimento das resistências entre as idades recomendadas, conforme as especificações normativas de cada cimento. A pesquisa além de mostrar as resistências à compressão e o ganho de resistência nas idades do cimento, ela criou um banco de dados dos diferentes tipos e classes do cimento Portland. Esse banco de dados permitiu analisar a variação do cimento, considerando duas faixas de tempo relacionadas a dois distintos momentos econômicos brasileiro. Um relacionado ao pequeno crescimento do país e da indústria cimenteira, e ou outro, referente a retomada do crescimento e conseqüentemente o aumento do consumo de cimento. Foi possível também analisar os fabricantes que possuem selo de qualidade segundo os padrões da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). As conclusões de maneira geral da pesquisa mostraram que cimentos sem o selo ABCP apresentaram resultados muito abaixo dos valores normativos, representando risco ao consumidor, foi visto também que a qualidade do cimento não pode ser avaliada apenas com seu desempenho quanto ao ensaio de resistência à compressão, mais sim pelo rendimento total do produto, em um concreto, argamassa, em função da demanda de água para obtenção de uma mesma trabalhabilidade. Quanto a resistência à compressão de forma geral, por tipo de cimento, tomando as resistências médias em todas as idades, as resistências mínimas foram respeitadas, as marcas com selo apresentaram menores variações e para diferentes marcas, numa mesma idade de ensaio, com o mesmo tipo de cimento, foram encontrados valores bastantes distintos quanto a resistência à compressão.

3.3 Influência do cimento nos concretos convencionais

O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo, sendo composto por uma mistura de água, cimento, agregados miúdos e graúdos, podendo também ser utilizados aditivos.

Para MEHTA E MONTEIRO (2014) o concreto é qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Esse meio é geralmente produzido com a reação entre cimento hidráulico e água, podendo também ter uma vasta gama de produtos nessa mistura. O concreto pode ser produzido com vários tipos de cimento e suas adições, como pozolanas, escória de alto forno, aditivos, polímeros entre outros.

O concreto convencional é o nome dado ao material utilizado no dia a dia da engenharia civil sem qualquer característica especial, no entanto mesmo sendo um concreto simples, requer, como qualquer outro, um estudo base aos seus componentes, para obter traços mais econômicos e obedecendo também a sua norma vigente ABNT NBR 12655 – Concreto de Cimento Portland, para sua elaboração, execução e controle tecnológico da estrutura.

As propriedades do concreto são divididas no estado fresco e endurecido, as devidas precauções devem ser tomadas nas etapas para evitar problemas no mesmo. As propriedades a longo prazo do concreto endurecido, estão diretamente ligadas ao estado fresco, pois a resistência, estabilidade do volume e durabilidade são diretamente afetadas pelo grau de adensamento, pela consistência e trabalhabilidade.

O estado plástico do concreto é um dos principais responsáveis pela qualidade do mesmo, onde a relação do concreto fresco e endurecido devem ser consideradas simultaneamente. A mais importante das propriedades do concreto é a trabalhabilidade, que agrupa uma série de propriedades do concreto fresco.

Pode-se dizer que um concreto é trabalhável quando este apresenta características adequadas ao tipo de obra, e aos métodos de lançamento, de adensamento e acabamento que vão ser adotados, de forma que não apresente segregação ou exsudação e que ele possa ser adequadamente compactado e envolver totalmente as armaduras (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Segundo TORRES e ROSMAN (1956), a noção de trabalhabilidade é muito mais subjetiva que física. Para eles o componente mais importante da trabalhabilidade é a consistência, que traduz propriedades intrínsecas da mistura fresca ligadas a mobilidade da massa e a coesão entre os elementos componentes, tendo em vista a uniformidade e a compacidade do concreto e o bom rendimento da execução.

Para NEVILLE (2016) a trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho útil necessário para a obtenção do adensamento total. O trabalho interno útil é definido como uma propriedade física inerente ao concreto e é a energia exigida para vencer o atrito interno entre as partículas individuais do mesmo. Outro método para descrever o concreto no estado fresco é a consistência, que é a resistência ou facilidade com que uma substância flui. Nos concretos algumas vezes a consistência é tomada como umidade, pois dentro de certos limites os concretos com maior quantidade de água são mais trabalháveis que os secos, no entanto, concretos com mesma consistência podem apresentar trabalhabilidades variáveis.

Um dos fatores dependentes da consistência seria o tipo e a finura do cimento. Os cimentos Portland podem se distinguir entre eles pela necessidade de água pra se ter uma mesma consistência. Para os cimentos pozolânicos essa diferença é muito maior em relação aos cimentos comuns, por eles exigirem muito mais água.

A relação entre água/cimento mostra que quanto maior o teor de cimento maior será a quantidade de água para chegar em uma certa consistência. Tem-se como consequência a influência do agregado.

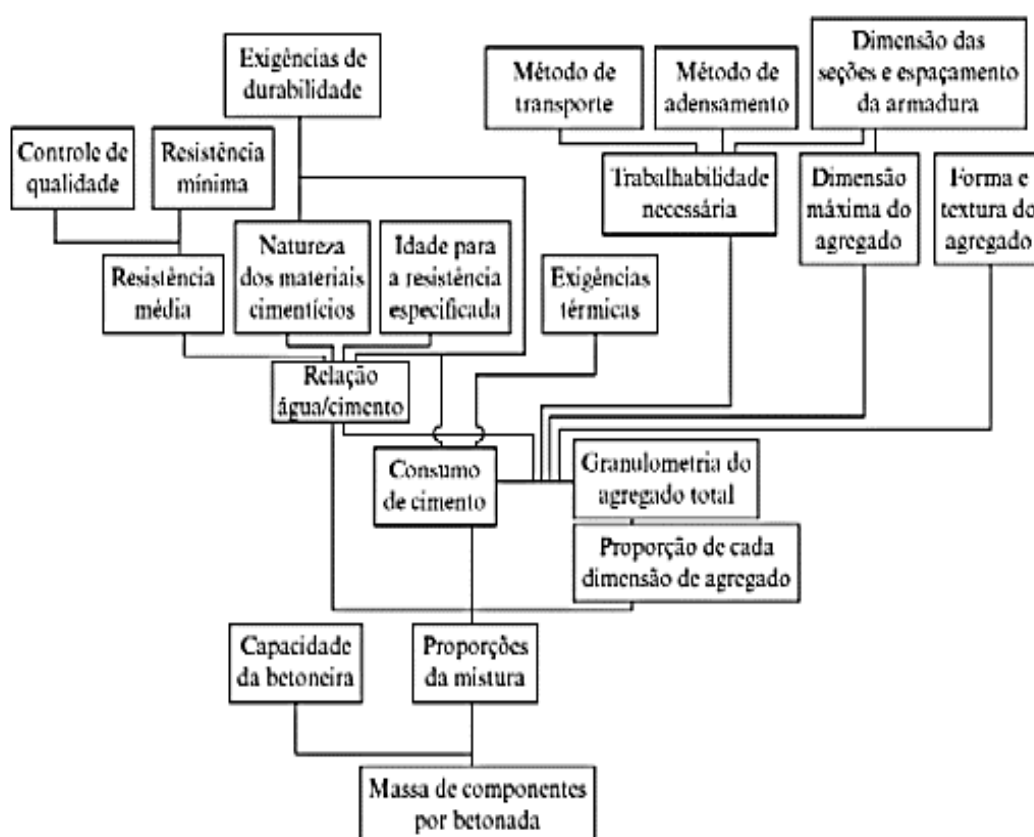
Segundo VILELA (2017), o cimento é o material essencial para a fabricação do concreto. As características do cimento influenciam de maneira direta nas propriedades do concreto, pois podem ser vistos comportamentos diferentes para as misturas com tipos de cimentos distintos. Para obter uma melhor composição, que vai proporcionar um melhor resultado e menor custo, é preciso estudar os componentes do concreto com base no tipo de cimento utilizado. Existem diversos motivos que influenciam a reologia dos materiais à base de cimento, como relação água/materiais secos, composição química da pasta, porosidade, massa específica, granulometria, condições de mistura e a metodologia do ensaio adotado. A finura do cimento também tem grande influência nas propriedades do concreto, devido ser ela que comanda a velocidade de hidratação do cimento, dessa forma, quanto mais fino o cimento, mais rápido ele reagirá. Com o aumento da finura algumas características específicas são apresentadas, como melhoria das resistências nas primeiras idades, diminuição na exsudação e segregação, aumento na trabalhabilidade, na coesão e na impermeabilidade.

3.4 Método IPT e comparativo com outros métodos de dosagem

A dosagem é um simples processo de escolha dos componentes adequados do concreto, e de determinação das quantidades relativas, com o objetivo de produzir um concreto mais econômico que atenda as propriedades necessárias.

Alguns fatores básicos são considerados na dosagem, como mostrados no fluxograma a seguir:

Fluxograma 1- Fatores básicos do processo de dosagem.



Fonte: (Neville, 2016).

Levando-se em conta cada mistura de traço, os agregados grão e miúdo estão relacionado aos principais parâmetros, que são o consumo de cimento e a relação água/cimento.

Um dos métodos de dosagem é o método ITP/EPUSP (Instituto de Pesquisas Tecnologia do Estado de São Paulo/Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), que tem sua recomendação para concretos convencionais, tendo uma relação do agregado grão/miúdo em relação os módulos de finura dos mesmos, e o

consumo de cimento com tentativas, em função da trabalhabilidade desejada, que é medida pelo abatimento do tronco de cone (Slump Test).

Outros métodos de dosagem são: o ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), o ITERS/ELÁDIO PETRUCCI (Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul, atualmente CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul).

3.4.1 Método de dosagem ITP/EPUSP

O método ITP/EPUSP é resultado de uma atualização e uma generalização feita na escola politécnica da USP usando como base o método inicialmente desenvolvido no IPT- Instituto de Pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo (BOGGIO, 2000).

De acordo com HELENE e TUTIKIAN (2011) existem vários métodos de dosagens na literatura, no entanto o método IPT/EPUSP é um dos métodos mais versáteis, simples e com capacidade de fornecer uma resposta proveitosa aos requisitos exigidos de um concreto, atendendo aos requisitos dos projetos estruturais, aos requisitos econômicos, sustentáveis e de produtividade dos construtores e usuários do concreto.

Segundo PETRUCCI (2017), esse método tem como principal característica empregar os agregados disponíveis em obras, sem que haja um conhecimento anterior da composição granulométrica. É necessário levar em conta o conhecimento dos outros materiais que constitui o concreto, em outras palavras, verificar as características físicas desses materiais, pois os mesmos influenciam na dosagem do concreto. O método IPT/EPUSP avalia os seguintes fatores:

- Obtenção da relação água/cimento (parâmetro mais importante para concreto estruturais);
- Consistência do concreto;
- Resistência característica do concreto aos 28 dias (f_{ck});
- Obtenção das propriedades de areia e pedra britada para cada unidade de cimento;
- Diâmetro máximo dos agregados;

- Trabalhabilidade geral do concreto;

Para HELENE e TUTIKIAN (2011), o método entende que a melhor proporção entre os agregados disponíveis é a que vai consumir menor quantidade de água para obter um dado abatimento requerido e faz isso considerando a interferência do aglomerante, cimento mais adições, na produção total de materiais. Logo, não se trata de obter a máxima compacidade do esqueleto granular, mas sim de obter o mínimo consumo de água para uma requerida consistência, que vai resultar na máxima resistência à compressão do concreto.

O método de dosagem determina como resultado final de sua aplicação, um diagrama de dosagem. Esse gráfico determina como resultado a combinação de três quadrantes onde são representadas “leis de comportamento” expressa pelas correlações da relação água/cimento (a/c), a resistência à compressão (f_{cj}), a relação entre os agregados/cimento (m) e, por fim, o consumo de cimento por m^3 de concreto (C), que vão ser expressa pelas leis a seguir:

- Lei de Abrams – Está associado ao tipo de cimento, calculando a resistência do concreto em determinada idade, não é considerada a influência do agregado;

$$f_{cj} = \frac{k_1}{k_2^{a/c}}$$

Onde:

f_{cj} - Resistência à compressão axial em MPa, à idade de j dias;

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

k - Depende exclusivamente dos materiais empregados.

- Lei de Inge Lyse – A consistência do concreto fresco é medida após fixados o cimento e agregados. É medido pelo abatimento do tronco cone, e depende da quantidade de água por m^3 de concreto.

$$M = k_3 + k_4 \times a/c$$

Onde:

a/c - Relação água/cimento;

k_i - Depende exclusivamente dos materiais empregados.

- Lei de Molinari – O consumo de cimento por m³ vai variar de acordo com o valor do traço seco (m);

$$C = \frac{1000}{k_5 + k_6 \times m}$$

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.

HELENE e TARZIAN (1993) propõem inicialmente a fixação de um traço inicial de 1:5,0(cimento: agregados secos totais), obtido os resultados desses traços, calcula-se um traço mais pobre em cimento 1:6,5, e um traço mais rico 1:3,5, para servirem como base para a construção do diagrama de dosagem, ampliando a validade das curvas do mesmo.

O método IPT/EPUSP é essencialmente experimental que pode ser desenvolvido em um laboratório de campo, montado com o mínimo de equipamentos especiais, e inicialmente demanda poucas informações quanto as características dos agregados. Esse método de dosagem apresenta, nas etapas de trabalho, uma série de orientações práticas que possibilitam avaliar a mistura do concreto fresco com diferentes aspectos de sua trabalhabilidade.

A finalidade principal do método é a obtenção de traços com teores mínimos de argamassa que possibilitem atender as necessidades de transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto na obra. O teor mínimo de argamassa deve ser suficiente pra ocupar os vazios entre os agregados e lubrificar sua superfície.

3.4.2 Método de dosagem ABCP/ACI

O método da ABCP foi publicado pela Associação Brasileira de Cimento Portland, em 1984 como um estudo Técnico denominado “Parâmetros de dosagem do concreto”. Esse método tem como base a norma ACI 211.1-81 (Standart Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete - 1985).

Esse método consiste na adaptação do método americano para as condições brasileiras, permitindo a utilização dos agregados graúdos britados e areia de rio que

se enquadram na norma NBR 7211:2009 – Agregados para Concreto. Pode-se considerar que o método é essencialmente empírico. A ideia é utilizar o método para estabelecer um traço base. O método indica que, para cada granulometria de areia e cada tamanho máximo de agregado graúdo, há um valor máximo do volume do agregado compactado seco por m³ de concreto.

De acordo com MENEZES (2017), esse método exige domínio de conhecimento dos seguintes fatores:

- Análise granulométrica e massa específica dos agregados;
- Dimensão máxima característica do agregado;
- Tipo, massa específica e nível de resistência aos 28 dias do cimento;
- Consistência desejada do concreto fresco;
- Resistência de dosagem do concreto exigida a uma determinada idade.

3.4.3 Método de dosagem ITERS/ELÁDIO PETRUCCI

O método ITERS (Instituto Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul, atual CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul), de caráter experimental, foi desenvolvido pelo professor Petrucci.

Foi um procedimento criado com o intuito de ser aplicado sem restrições na dosagem de concreto com os materiais disponíveis na região. Toda as determinações dos traços permitem um conhecimento mais amplo dos materiais disponíveis e dos possíveis efeitos quanto a trabalhabilidade, levando em conta a possibilidade de ocorrer exsudação e/ou segregação. Se justifica a utilização desse método pela ampla variação do comportamento das misturas de concreto, buscando determinar traços para centrais de produção com o intuito de avaliar a diversidade e diferentes alternativas de materiais.

3.5 Trabalho similares

Segundo VILELA (2017), foi feita uma análise comparativa entre três cimentos comercializados em Sergipe, com o objetivo de analisar a influência dos tipos de

cimentos nas propriedades do concreto convencional. Em análises realizadas em laboratórios os concretos possivelmente foram influenciados pelo cimento, já que foram mantidos os mesmos materiais da mistura e fixado o traço, variando apenas a marca de cimento. Foi constatado que o concreto com baixo consumo de cimento apresentou-se mais fluído do que o concreto com o consumo de cimento normal. O cimento que apresentou uma menor resistência entre os três apresentou também uma menor resistência à compressão do concreto convencional e com baixo consumo de cimento. Obteve-se a conclusão que, no geral, os concretos convencionais quanto o de baixo consumo de cimento, mesmo mantendo os mesmos parâmetros, apenas modificada a marca do aglomerante, apresentaram propriedades distintas entre eles, mostrando a desigualdade das características e propriedades diferenciais dos cimentos comercializados no estado de Sergipe.

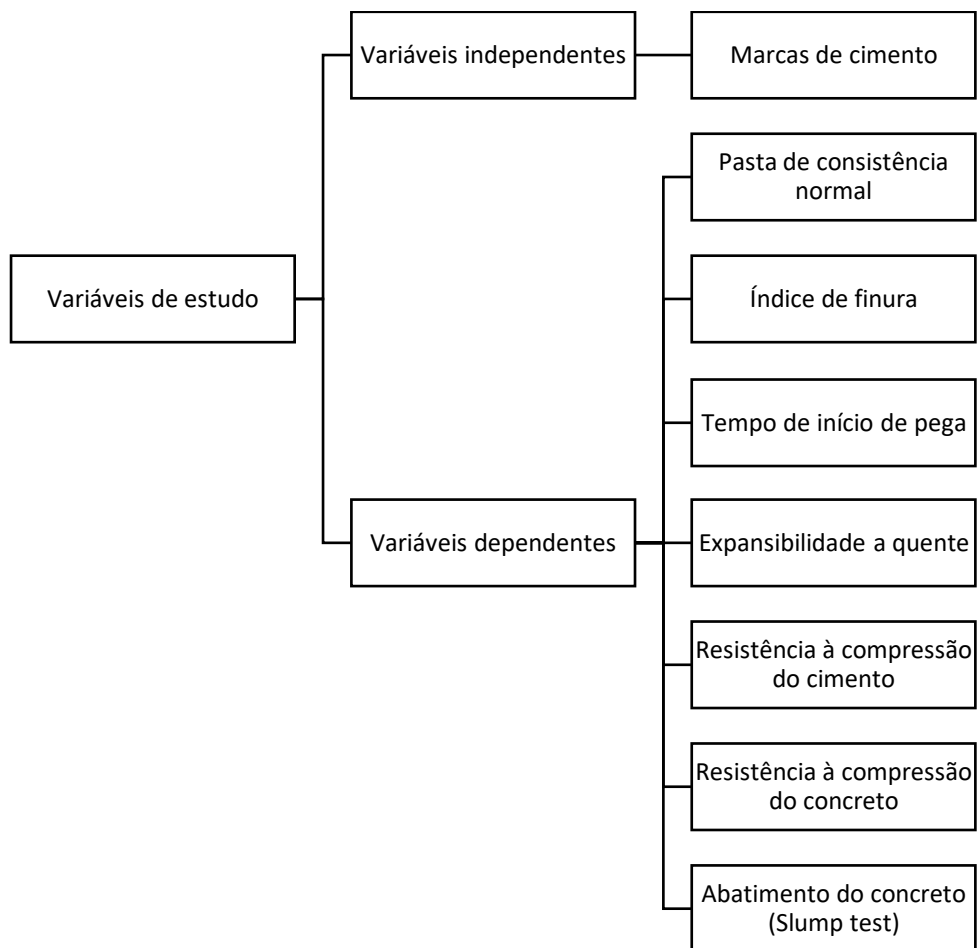
GIRARDI (2014), estudou a variabilidade do cimento Portland que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul durante o período de 1992 a 2012. O trabalho analisou a variação das marcas de cimento, da resistência características a compressão, e também determinar o ganho de resistência entre as idades preconizadas. Analisados de forma geral, por tipo de cimento e tomando as resistências média de todas as idades, as resistências à compressão mínimas especificadas por norma foram respeitadas em todas as idades. Para um mesmo tipo de cimento, as variações e resistência à compressão, apresentaram valores distintos de acordo com a diferença de marcas e idades. Para o cimento CP II Z 32, que já possuía dados para análise geral e em períodos distintos (1992 a 2003 e 2004 a 2012), verificou-se que teve um aumento de variação entre os períodos e redução na resistência media a compressão, em todas as idades.

De maneira geral as pesquisas citadas anteriormente apresentam resultados onde mostram que a variação da marca de cimento interfere de maneira direta na variação dos resultados. Para o mesmo tipo de cimento Portland foram encontrados valores distintos de resistência à compressão de acordo com a variável marca do cimento.

4. METODOLOGIA

O fluxograma representativo das variáveis, está retratado logo abaixo.

Fluxograma 2: Fluxograma das variáveis estudadas.



Fonte: o autor (2021).

Como apresentado no fluxograma acima, foi feita uma análise das marcas de cimento, estabelecidas como a variável independente do trabalho, e todos os ensaios e análises apresentados das marcas de cimento formam o conjunto de variáveis dependentes do estudo.

4.1 Materiais

4.1.1 Aglomerantes

Foram utilizadas três marcas de cimento, sendo todos eles cimentos Portland composto, designado pela norma da ABNT NBR 16697:2018, e todos eles da classe de resistência aos 28 dias de 32 MPa.

- Cimento Poty: CP II-F 32 RS – Composto de filer calcário e resistente a sulfatos;
- Cimento Mizu: CP II-F 32 RS – Composto de filer calcário e resistente a sulfatos;
- Cimento Nacional: CP II-F 32 RS – Composto de filer calcário e resistente a sulfatos;

A tabela 1 mostra os limites normativos, a serem seguidos, e suas respectivas normas.

Tabela 1 – Limites normativos dos ensaios de caracterização do cimento.

Ensaio	Limites (NBR 16697:2018)	Método de ensaios
Pasta de consistência normal	-	NBR 16606:2018
Índice de finura (#200)	$\leq 12\%$	NBR 11579:2012
Tempo de início de pega	≥ 60 min	NBR 16607:2016
Expansibilidade a quente	≤ 5 mm	NBR 11582:2016
Resistência à compressão (28 dias)	≥ 32 MPa (28 dias)	NBR 7215:2019

Fonte: o autor (2021).

Todos os limites dos ensaios de caracterização do cimento estão especificados na ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland – Requisitos. Esta norma especifica todos os requisitos para o recebimento do cimento.

4.1.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado no trabalho foi a areia lavada de origem no rio Paramopama, no município de São Cristóvão - SE, fornecida pelo laboratório de materiais de construção do Instituto Federal de Sergipe- Campus Aracaju. Para a caracterização da areia foram feitos dois ensaios, fundamentados pelas normas: Determinação da composição granulométrica - ABNT NBR NM 243:2003 e Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman – ABNT NBR 9776:1988.

A massa específica do agregado miúdo por meio do frasco de Chapman, foi determinado por duas amostras que obtiveram resultados iguais. A massa específica da areia obtida foi de 2,63 g/cm³.

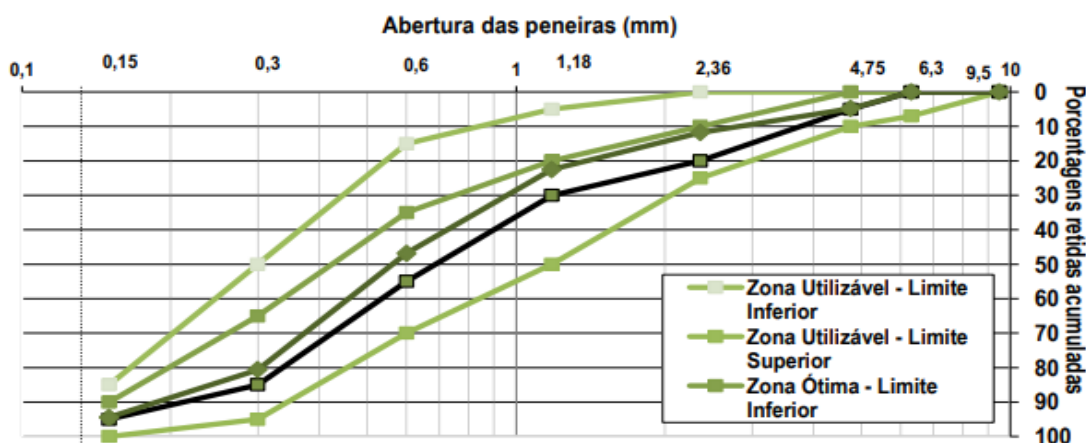
A granulometria foi feita a partir do peneiramento, utilizando uma série normal de peneiras, como especificado na NBR NM 243:2003. A tabela 2 mostra o resultado da granulometria do agregado miúdo. A curva obtida da tabela está apresentada no gráfico 1.

Tabela 2 – Resultado da análise granulométrica do agregado miúdo.

Análise granulométrica do agregado miúdo											
Abertura das peneiras (mm)	Massa retida (gr)		Massa retida (%)		Variação das % retidas ± 4%	Média das massa s retidas (%)	Massa retida acumulada (%)	Faixas em relação as % retidas			
	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2				Limites inferiores		Limites	
								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%	4%	1,90%	5%	5%	0	0	5	10
2,36	22,2	0	7%	7%	0,60%	7%	12%	0	10	20	25
1,18	33	2,2	11%	11%	0%	11%	23%	5	20	30	50
0,6	73,6	3,7	24%	25%	0,60%	24%	47%	15	35	55	70
0,3	101,4	02,7	33%	34%	1,20%	34%	81%	50	65	85	95
0,15	42	1,7	14%	14%	0,20%	14%	94%	85	90	95	100
Fundo	16,4	7,3	5%	5,80%	0,50%	6%	100%	100	100	100	100
Total	306	99	Módulo de Finura = 2,62					Diâmetro máximo = 4,75			

Fonte: o autor (2021).

Gráfico 1 – Resultado da curva granulométrica agregado miúdo.



Fonte: o autor (2021).

Foram obtidos a partir dos ensaios de granulometria os resultados, 2,62 para o módulo de finura e 4,75 mm para o diâmetro máximo da areia.

4.1.3 Agregado Graúdo

Para o agregado graúdo foi utilizado a brita $\frac{3}{4}$, de origem do município de Itabaiana – SE, a qual foi fornecida pelo laboratório de materiais de construção do Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju. A caracterização do agregado graúdo foi realizada conforme as normas: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água – ABNT NBR NM 53:2003 e Determinação da composição granulométrica – NBR NM 248:2003.

As tabelas 3 e 4 mostram os resultados de massa específica e de massa unitária do agregado graúdo como determinado na NBR NM 53:2003. A curva granulométrica do agregado graúdo está apresentada no gráfico 2.

Tabela 3 - Resultado da 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

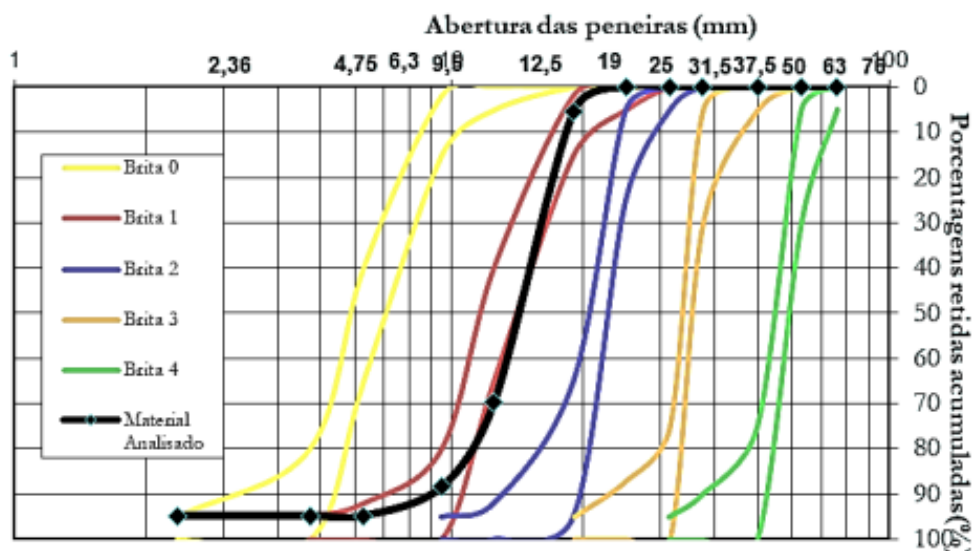
Fonte: o autor (2021).

Tabela 4 – Resultado da massa unitária do agregado graúdo.

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

Fonte: o autor (2021).

Gráfico 2 – Resultado da curva granulométrica do agregado graúdo.



Fonte: o autor (2021).

Os resultados obtidos dos ensaios nos agregados graúdos foram, 2,66 g/cm³ para massa específica e 1,916 Kg/cm³ para a massa unitária e diâmetro máximo de 19 mm.

4.1.4 Água

A água utilizada para a realização dos ensaios foi a da rede de abastecimento do laboratório do Instituto Federal de Sergipe - Campus Aracaju, que é fornecida pela DESO, empresa de abastecimento de água de Sergipe.

4.2 Métodos

4.2.1 Pasta de consistência normal

O ensaio de determinação da pasta de consistência normal foi feito de acordo com a norma da ABNT NBR 16606:2018, que vai expressar a quantidade de água necessária para a obtenção da consistência normal da pasta de cimento, em porcentagem. A pasta é medida através da sonda de Tetmajer, a qual penetra e estaciona a 6 ± 1 mm da placa-base do tronco de cone, nas condições apresentadas pela norma, como apresentada na figura 1.

Figura 1 - Aparelho de Vicat com a sonda de Tetmajer.



Fonte: o autor (2021).

4.2.2 Índice de finura

A norma utilizada para a determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μ m ou n° 200 foi a ABNT NBR 11579:2012, que calcula a relação entre a massa de cimento das frações retidas e a massa total, o resultado é expressado em porcentagem. A figura 2 apresenta o peneiramento do cimento.

Figura 2 – Peneiramento do cimento.



Fonte: o autor (2021).

4.2.3 Tempo de início de pega

A determinação do tempo de início de pega foi feita conforme a norma da ABNT NBR 16607:2018, onde o seu resultado vai ser expressado em minutos, com aproximação de 5 min, sendo o valor obtido em uma única determinação. Para se estabelecer o tempo de início de pega vai ser marcado o tempo desde que o cimento entra em contato com a água até o momento em que a agulha de Vicat penetra na pasta de cimento e estaciona a 6 ± 2 mm da placa-base do tronco de cone, podendo ser visto na figura 3.

Figura 3 - Aparelho de Vicat com a agulha de Vicat.



Fonte: o autor (2021).

4.2.4 Expansibilidade à quente

A determinação da expansibilidade de Le Chatelier (Expansibilidade à quente) foi feita com base na norma da ABNT NBR 11582:2016, onde vai ser medido em milímetros o afastamento entre as extremidades da agulha, devido a variação volumétrica decorrente do processo de hidratação da pasta de cimento. O resultado é a média das três determinações, com aproximação de 0,5 mm, como apresentado nas figuras 4 e 5.

Figura 4 - Agulhas de Le Chatelier na cura inicial.



Fonte: o autor (2021).

Figura 5 - Agulhas de Le Chatelier no termorregulador.



Fonte: o autor (2021).

4.2.5 Resistência à compressão do cimento

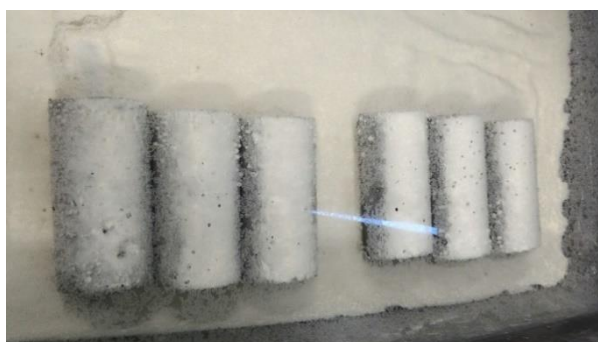
A determinação da resistência à compressão dos corpos de provas cilíndricos de cimento teve como base a norma da ABNT NBR 7215:2019, onde é obtido pelo rompimento dos corpos de provas com o valor da resistência do cimento em megapascals (MPa). Os corpos de prova têm 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, a argamassa é composta por uma parte de cimento e três de areia normalizada, em massa, e a relação água/cimento de 0,48. Na cura dos corpos de prova, após desmoldados, eles devem ser submersos em água saturada de cal até a data da ruptura com 28 dias. As figuras 6 e 7 mostram fotografias do misturador mecânico e dos corpos de prova.

Figura 6 - Misturador mecânico.



Fonte: o autor (2021).

Figura 7 – Corpos de prova cilíndricos de cimento.



Fonte: o autor (2021).

4.2.6 Resistência à compressão do concreto

Devido ao cenário atual, com a pandemia do Corona vírus (COVID 19) o ensaio de resistência à compressão do concreto só foi possível ser executado para o cimento Poty, visto que a segurança a saúde do docente estaria em risco, caso o mesmo continuasse tendo acesso ao laboratório, além das restrições apresentadas pela Instituição Federal de Sergipe- Campus Aracaju que em caráter emergencial passou todas as atividades para o sistema remoto de ensino. Portanto, toda a análise e ensaios feito com concreto foi unicamente utilizando a marca de cimento Poty.

Inicialmente foi feito um estudo do traço para analisar o consumo de cimento no concreto convencional de cada marca, que vai ser utilizada na mistura do concreto

do qual se determinará sua resistência à compressão. O método utilizado para obter um melhor traço foi do ITP/EPUSP.

Estabelecido o traço piloto 1:5,0, proposto pelo método, calculou-se o teor de argamassa em 50% e a relação água/materiais secos em 9,2%. Em seguida foram concebidos os traços auxiliares, rico ($m=3,5$) e pobre ($m=6,5$). Além desses três traços foram estabelecidos mais quatro, intercalando entre o pobre e o piloto, e entre o rico e o piloto.

Os corpos de prova foram rompidos após 28 dias de cura, a norma utilizada foi a ABNT NBR 5739:2018 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Para cada “m” foram rompidos dois corpos de prova e feita a média para o resultado.

As figuras 8 e 9 a seguir apresentam imagens do ensaio.

Figura 8 – Corpo de prova na prensa sendo rompido.



Fonte: o autor (2021).

Figura 9 – Corpos de prova rompidos.



Fonte: o autor (2021).

4.2.7 Abatimento do concreto (Slump Test)

Como apresentado no item 4.2.6, do ensaio de resistência à compressão do concreto, o ensaio de abatimento do concreto só será feito com o cimento Poty pelas mesmas razões expostas anteriormente.

A determinação da consistência do concreto foi feita por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, ou Slump Test, conforme a NBR NM 67:1998. A consistência do concreto foi observada no seu estado fresco, momentos antes da concretagem dos corpos de prova. Os equipamentos utilizados no ensaio podem ser vistos na figura.

Figura 10 – Equipamentos para ensaio de abatimento do tronco de cone.



Fonte: o autor (2021).

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Resultados e análises das marcas de cimento

A seguir estão expostos os resultados e em seguida a análise dos mesmos.

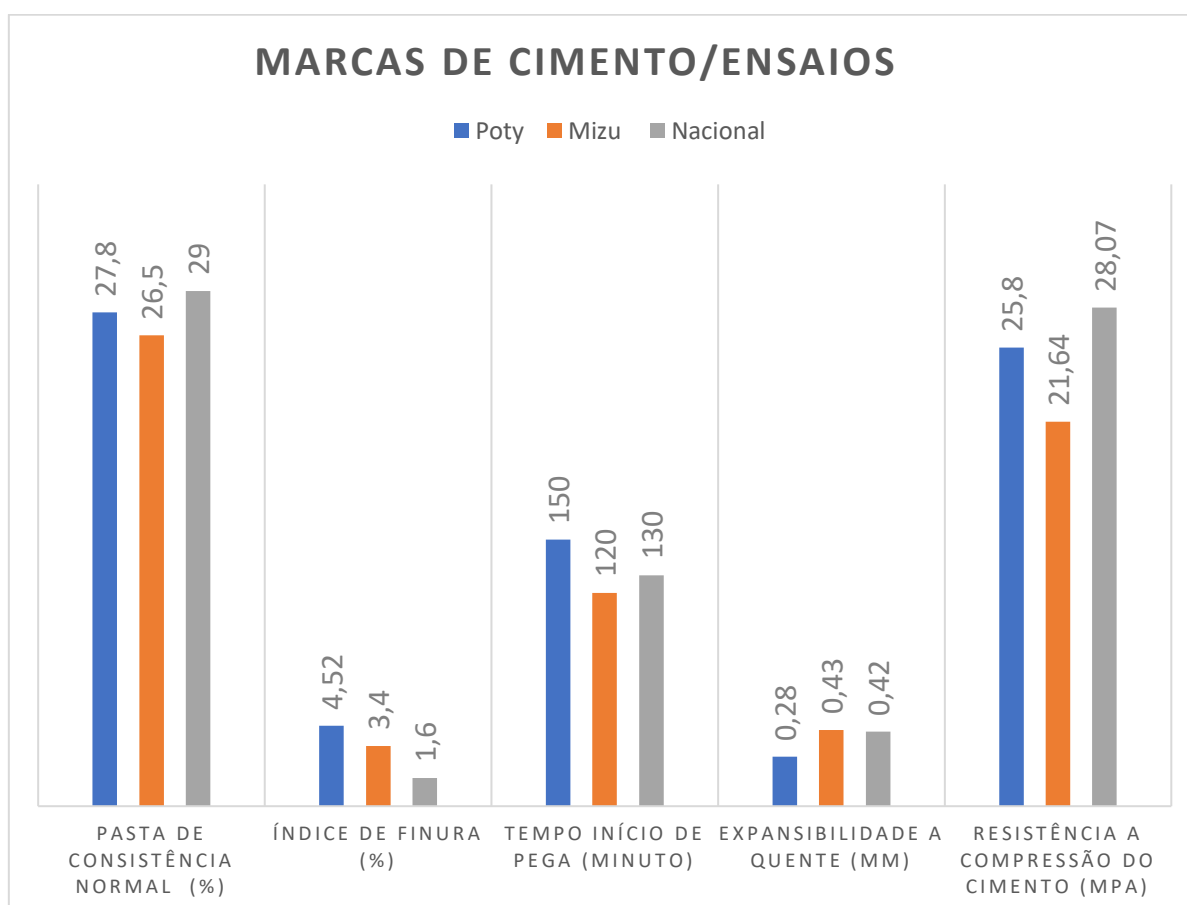
Na tabela 5 estão apresentados os resultados de todos os ensaios de caracterização do cimento.

Tabela 5 – Resultado dos ensaios de caracterização dos cimentos.

Ensaio de caracterização nos cimentos			
Ensaio	Poty	Mizu	Nacional
Pasta de consistência normal	27,80%	26,50%	29%
Índice de finura (#200)	4,52%	3,40%	1,60%
Tempo de início de pega	150 min	120 min	130 min
Expansibilidade a quente	0,28 mm	0,43 mm	0,42 mm
Resistência à compressão do cimento (28 dias)	25,8 MPa	21,64 MPa	28,07 MPa

Fonte: o autor (2021).

Logo abaixo o gráfico 3 apresenta os resultados da tabela 9.

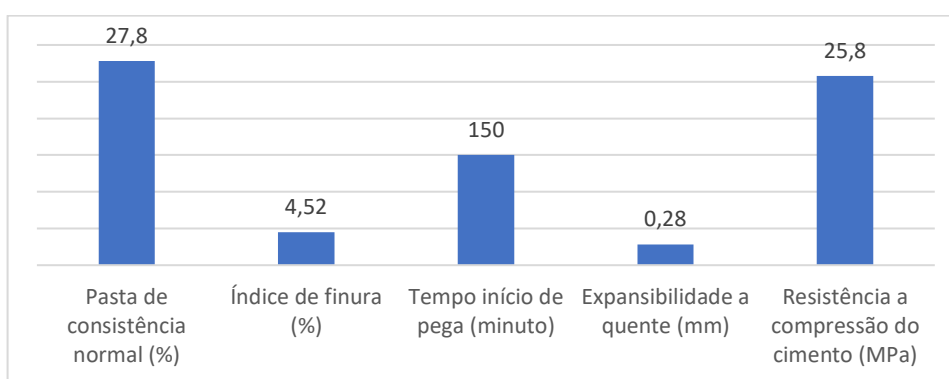
Gráfico 3 - Ensaio de caracterização dos cimentos.

Fonte: o autor (2021).

Fazendo a análise do gráfico 3, percebe-se que os valores não seguem uma coerência entre as marcas de cimento, com variações grandes entre os resultados. No entanto, apenas o ensaio de resistência à compressão não chegou aos valores previstos por norma, que no mínimo deveria ser de 32 MPa. Nota-se ainda que o cimento Poty apresentou o maior tempo de início de pega, e que o Nacional obteve o menor índice de finura. Já o ensaio de pasta de consistência normal apresentou uma variação entre os resultados, e quanto à expansibilidade, os resultados foram nominalmente baixos, com destaque para o cimento Poty, com o menos expansivo.

Os resultados do cimento Poty estão apresentados no gráfico 4.

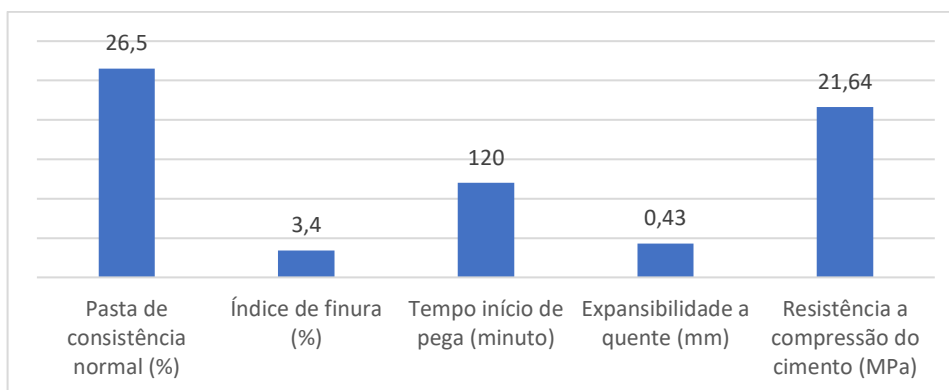
Gráfico 4 - Ensaio de caracterização do cimento Poty.



Fonte: o autor (2021).

De acordo com as normas o cimento Poty está em desacordo apenas no ensaio de resistência à compressão, que obteve 25,8 MPa e pela categoria deveria chegar aos 32 MPa de resistência aos 28 dias. É importante ressaltar o tempo de início de pega que apresenta um valor muito alto em relação os 60 minutos estabelecidos por norma.

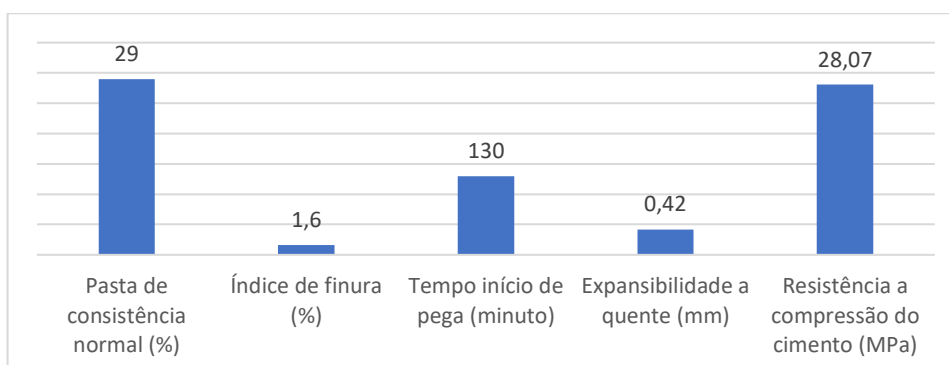
O gráfico 5 apresenta os resultados do cimento Mizu.

Gráfico 5 - Ensaio de caracterização do cimento Mizu.

Fonte: o autor (2021).

O cimento Mizu apresentou apenas o resultado da resistência à compressão do cimento em desacordo com a norma, o mesmo deveria atingir uma resistência de 32 MPa aos 28 dias, no entanto atingiu um valor muito abaixo do esperado, que foi de 21,64 MPa.

Os resultados do cimento Nacional estão expressados a seguir.

Gráfico 6 - Ensaio de caracterização do cimento Nacional.

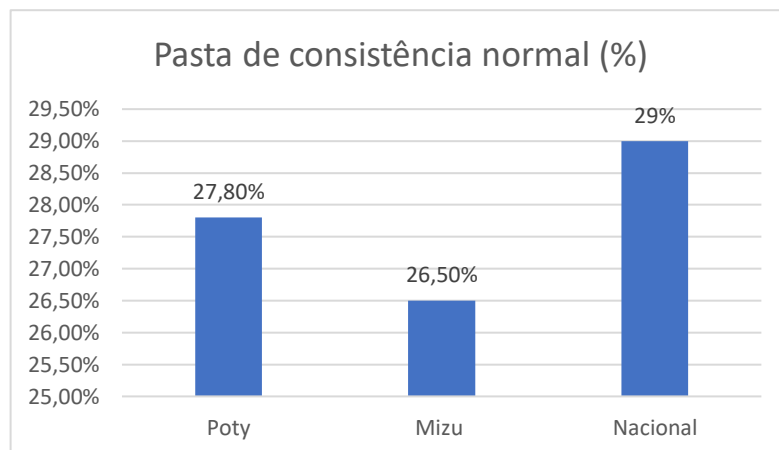
Fonte: o autor (2021).

Mesmo estando em acordo com a norma o tempo de início de pega é considerado um valor alto, em relação aos 60 minutos exigidos por norma, para utilização do cimento. O cimento Nacional também não atingiu o valor mínimo especificado por norma de 32 MPa rompido ao vigésimo oitavo dia, atingindo apenas o valor de 28,07 MPa.

A seguir estão os resultados dos ensaios de caracterização para análise e comparação das marcas de cimento.

O gráfico 7 apresenta o comparativo das marcas em relação a água da pasta de consistência normal.

Gráfico 7 – Comparativo entre a pasta de consistência normal das marcas de cimento.

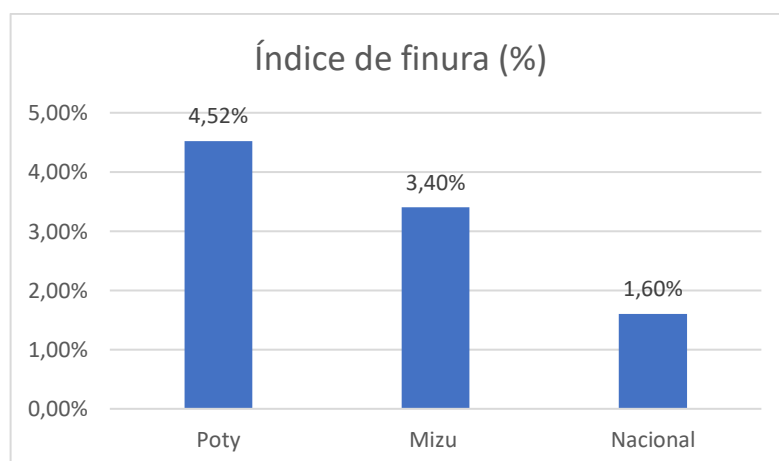


Fonte: o autor (2021).

O ensaio de pasta de consistência normal mostrou que o cimento Nacional necessita de mais água que os outros cimentos para obter sua consistência normal. O Poty apresenta um valor médio em relação as outras duas marcas, já o Mizu necessita a menor quantidade de água. Pode ser visto também uma grande variação entre as três marcas.

O comparativo das marcas em relação a finura está representado no gráfico 8.

Gráfico 8 - Comparativo entre os índices de finura das marcas de cimento.



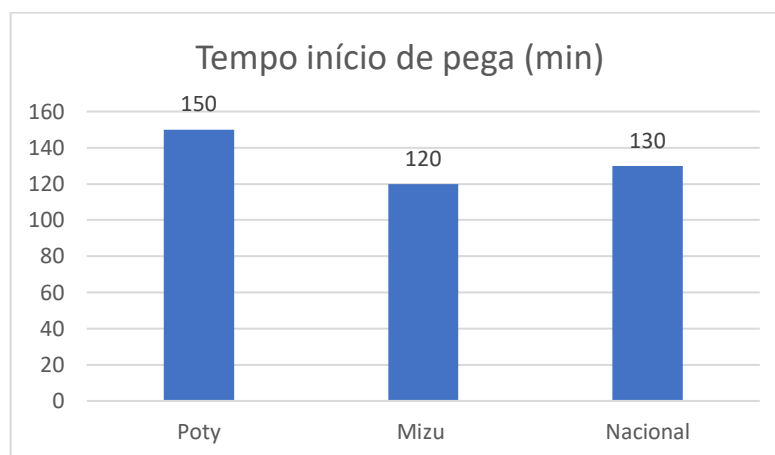
Fonte: o autor (2021).

O gráfico 8 apresenta o resultado do índice de finura, onde os cimentos atendem o valor especificado por norma, que no peneiramento não pode ficar retido mais que 12% da amostra. No entanto uma grande variação entre as marcas, pode

interferir nas outras relações do cimento, como por exemplo, na resistência à compressão, expansibilidade.

O gráfico 9 apresenta o comparativo entre as marcas em relação ao tempo de início de pega.

Gráfico 9 - Comparativo entre os tempos de inícios de pega das marcas de cimento.

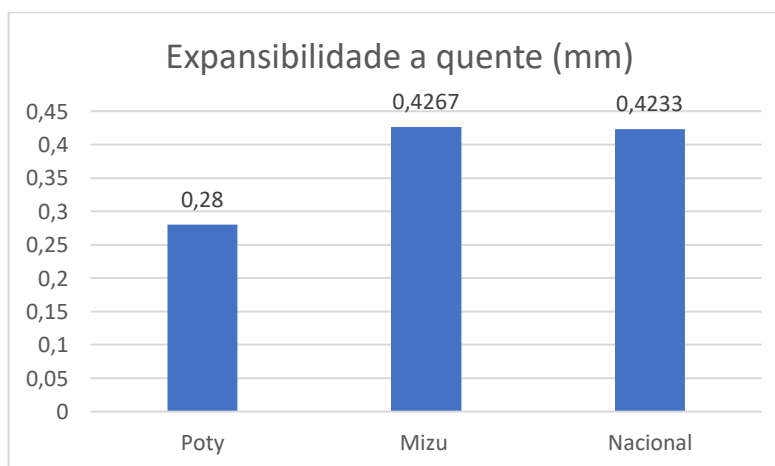


Fonte: o autor (2021).

Pode ser analisado no gráfico 9 que apesar dos três cimentos estarem de acordo com a norma, pois a mesma apenas estabelece um valor mínimo de 60 minutos, valores muito acima do especificado, fazendo com que a massa de cimento demore muito para iniciar sua cristalização.

O comparativo entre os resultados de expansibilidade está expresso logo a seguir, no gráfico 10.

Gráfico 10 - Comparativo entre a expansibilidade à quente das marcas de cimento.

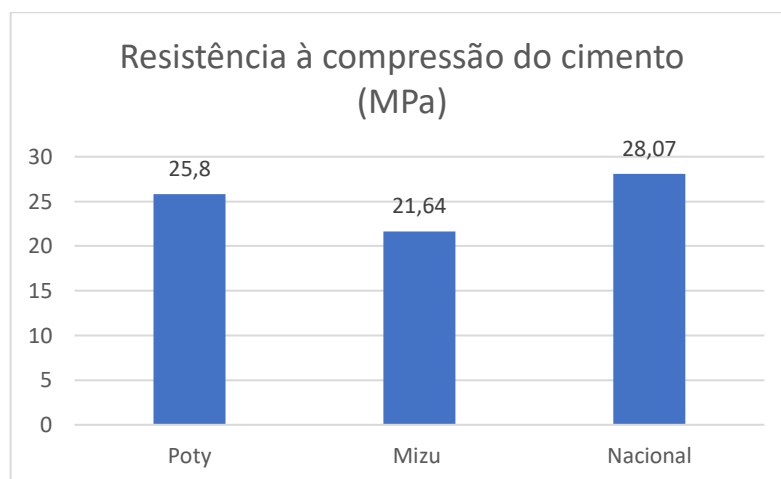


Fonte: o autor (2021).

Os resultados do ensaio de expansibilidade a quente estão todos dentro dos limites normativos, que é de 5mm. O cimento Poty foi o menos expansivo, os outros dois obtiveram basicamente os mesmos valores de expansibilidade, o que possivelmente ocasiona o fato é a presença de óxidos livre na composição química dos mesmos.

O gráfico 11 apresenta o comparativo entre as resistências à compressão entre as marcas de cimento.

Gráfico 11 - Comparativo entre as resistências à compressão das marcas de cimento.

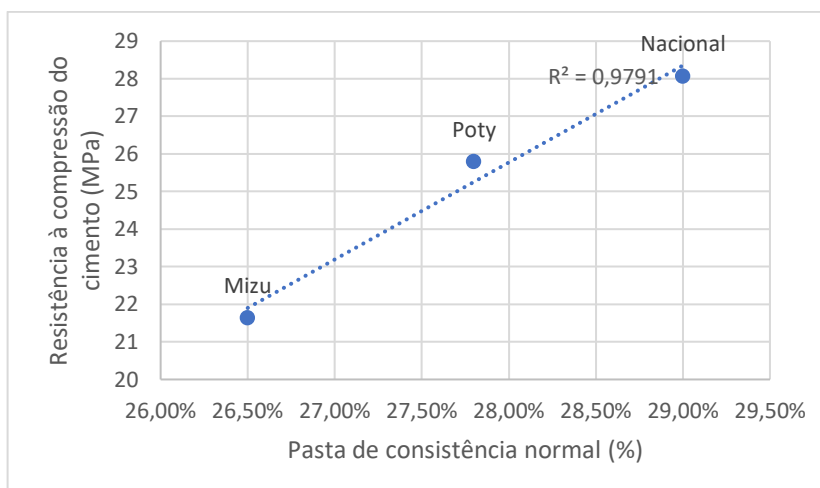


Fonte: o autor (2021).

Como visto no gráfico 11, nenhuma das 3 marcas chegaram ao valor mínimo especificado por norma de 32 MPa, no entanto, o cimento Nacional obteve melhor resultado entre as três marcas. A marca Mizu obteve o pior resultados dentre eles, ficando muito longe do valor exigido.

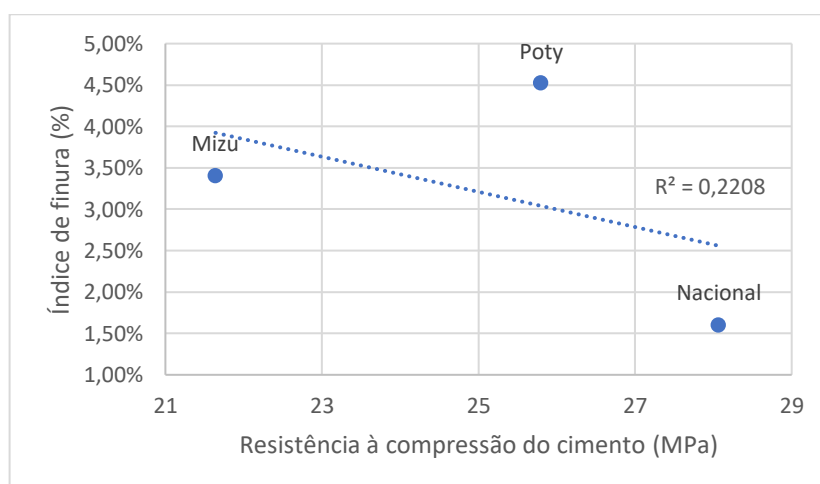
Algumas correlações podem ser analisadas entre os ensaios feitos nas marcas de cimentos.

O gráfico 12 mostra a correlação entre os ensaios de resistência à compressão e da pasta de consistência normal.

Gráfico 12 - Correlação entre pasta de consistência normal e resistência à compressão.

Fonte: o autor (2021).

A correlação existente entre a resistência à compressão e a pasta de consistência normal apresentada no gráfico 12 mostra que quanto maior o valor da porcentagem da pasta, maior será sua resistência à compressão. Como o ensaio de resistência à compressão é feito com um traço específico, o que pode ter interferido no resultado seria a finura de cada cimento, como mostra o gráfico 13, logo abaixo.

Gráfico 13 - Correlação entre resistência à compressão e índice de finura.

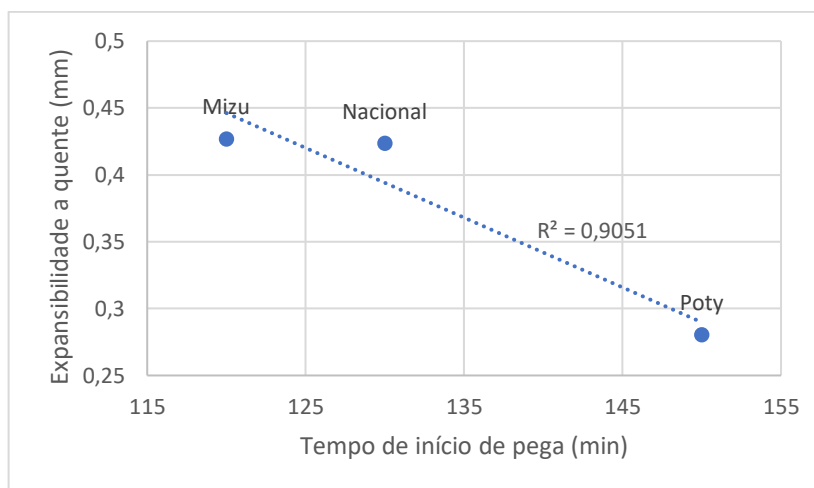
Fonte: o autor (2021).

O gráfico 13 apresenta a baixa correlação existente entre a resistência à compressão e o índice de finura, esse resultado é devido ao cimento Mizu que não apresentou uma coerência nos seus resultados. Como apresentado nas bibliografias um cimento mais fino tem um ganho de resistência maior nas primeiras idades, e por ser o mais fino ele precisa de mais água para obter a sua de consistência normal,

esse fato pode explicar o resultado do cimento Nacional e Poty, onde o Nacional por ser mais fino apresentou um maior valor de resistência à compressão quando rompido ao vigésimo oitavo dia de cura.

Outra correlação existente entre os ensaios foi entre expansibilidade a quente e tempo de início de pega, apresentado pelo gráfico 14.

Gráfico 14 - Correlação entre expansibilidade a quente e tempo de início de pega.



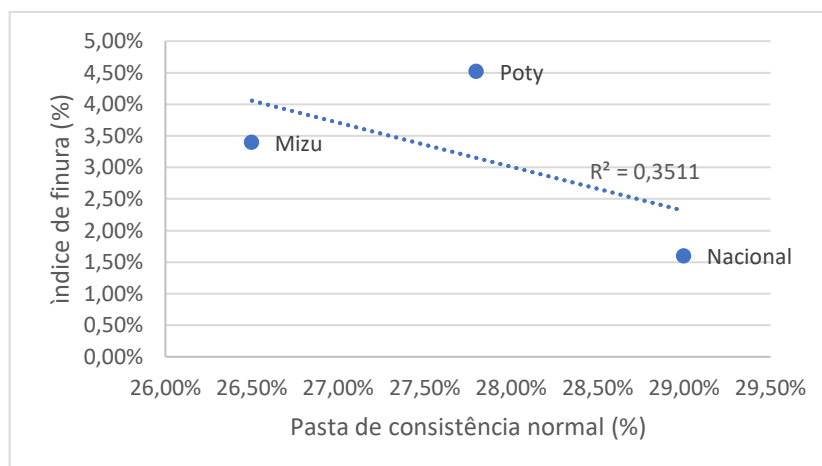
Fonte: o autor (2021).

Como mostrado no gráfico 14 existe uma boa correlação entre os ensaios de expansibilidade a quente e o tempo de início de pega, onde quem apresentou menor expansibilidade teve um maior tempo de início de pega. O que pode ter ocasionado a diminuição do tempo de início de pega seria uma reação do cimento mais rápida, devido a maior quantidade de óxidos livres no mesmo.

Algumas correlações entre os ensaios são explicadas nas bibliografias estudadas, no entanto os cimentos não apresentaram os resultados esperados para que as condições fossem aceitas.

A correlação entre o ensaio de pasta de consistência normal e finura deveria ocorrer, visto que a literatura apresenta em suas teorias e práticas que quanto mais fino o cimento maior a quantidade de água para envolver os grãos, e assim obter uma pasta adequada para uso. O gráfico 15 mostra os resultados.

Gráfico 15 - Correlação entre pasta de consistência normal e índice de finura.

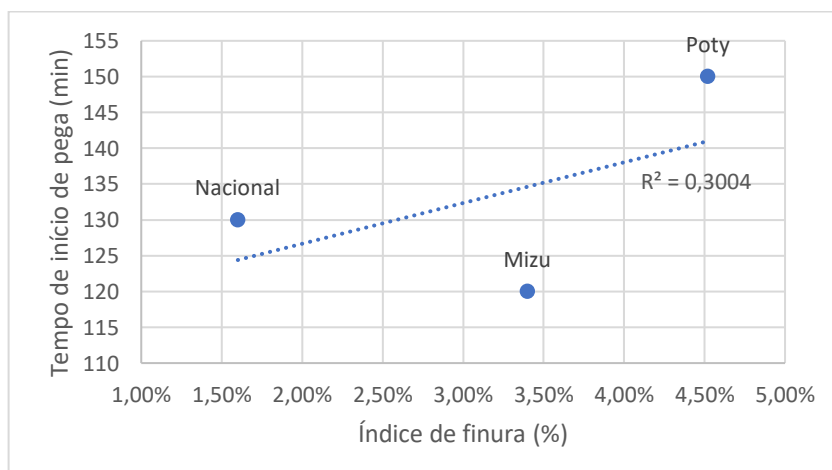


Fonte: o autor (2021).

Pode ser observado no gráfico acima, que o cimento Mizu apresenta um valor que não está de acordo com a literatura, pois ele deveria ter uma maior porcentagem de água em sua pasta de consistência normal ou ser mais fino. O cimento Nacional e Poty seguem com coerência essa análise apresentada nas literaturas.

Outra correlação que deveria ter acontecido entre os cimentos foi entre o ensaio de índice de finura e tempo de início de pega, onde a literatura explica que quanto maior o índice de finura maior será seu tempo de início de pega. A explicação dada a essa correlação está ligado a quantidade de água na pasta, visto que quando temos um cimento mais fino ele necessita de mais água, dessa forma ele contendo uma maior quantidade de água mais demorada será seu tempo de início de pega. O gráfico 16, listado a seguir mostra os resultados.

Gráfico 16 - Correlação entre índice de finura e tempo de início de pega.

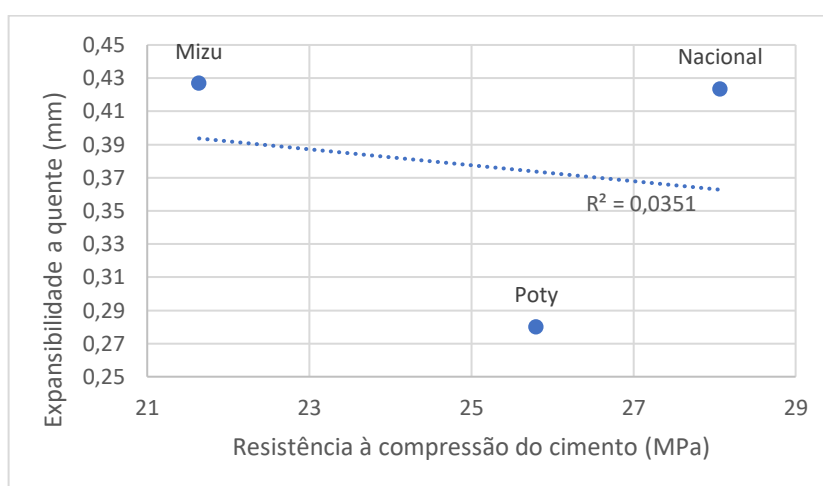


Fonte: o autor (2021).

Como apresentado no gráfico 16, os ensaios de índice de finura e tempo de início de pega não apresentaram uma correlação pelo fato do cimento Mizu apresentar um menor tempo de pega tendo um maior índice de finura do que o cimento Poty. Para existir uma correlação o Mizu teria que apresentar um índice de finura menor que o Nacional ou um tempo inicial de pega maior que o do cimento Poty.

Uma outra correlação que as bibliografias apresentam é entre os ensaios de resistência à compressão e expansibilidade a quente. A literatura explica que quanto mais expansivo o cimento, o mesmo apresentará um menor resultado de resistência à compressão. O gráfico 17 indica os resultados.

Gráfico 17 - Correlação entre resistência à compressão e expansibilidade a quente.



Fonte: o autor (2021).

Como explicado pela literatura, quanto mais expansivo o cimento menor resistência à compressão o mesmo terá. O gráfico 17, mostra que não existe correlação entre os resultados, pois os mesmos não seguiram os padrões apresentados nas bibliografias estudadas, deixando evidente que os cimentos não apresentaram uma lógica no resultado, visto que o de maior resistência à compressão deveria ser o de menor expansibilidade e vice versa. Pela análise apresentada, nota-se que o cimento Mizu é o que apresenta mais discrepâncias nos resultados, contrariando inclusive às referências bibliográficas consagradas, denotando que esse cimento possui inconsistência e variabilidade em seus índices físicos.

5.2 Resultados e análise dos concretos convencionais feitos com cimento Poty

A tabela 6 mostra todos os resultados do concreto convencional feito com o cimento Poty.

Tabela 6 – Ensaio do concreto com o cimento Poty para os traços analisados.

m	Resistência à compressão (MPa)	Abatimento (mm)	Relação a/c	Consumo de cimento (Kg/m³)
3,5	38,55	35	0,414	533,328
4	33,23	70	0,46	480
4,5	30,71	95	0,506	436,356
5	27,01	135	0,552	399,996
5,5	20,23	170	0,598	369,228
6	18,98	195	0,644	342,852
6,5	16,73	210	0,69	300

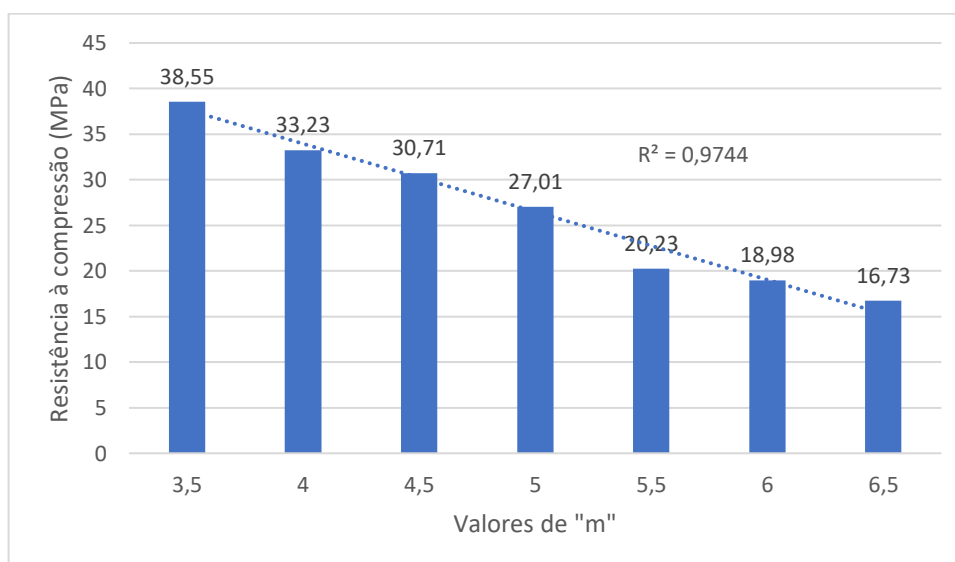
Fonte: o autor (2021).

Dentre os traços analisados o de m igual a 5 e 4,5 obtiveram resultados aceitáveis para utilização do concreto convencional no dia a dia da obra, sendo analisado todo o conjunto de ensaios realizados.

A análise de cada ensaio separadamente vai ser apresentada a seguir, onde vai ser apresentado o seu respectivo gráfico.

O gráfico 18 a seguir mostra o resultado da resistência à compressão para os determinados traços.

Gráfico 18 – Resistência à compressão dos concretos para determinados “m”.

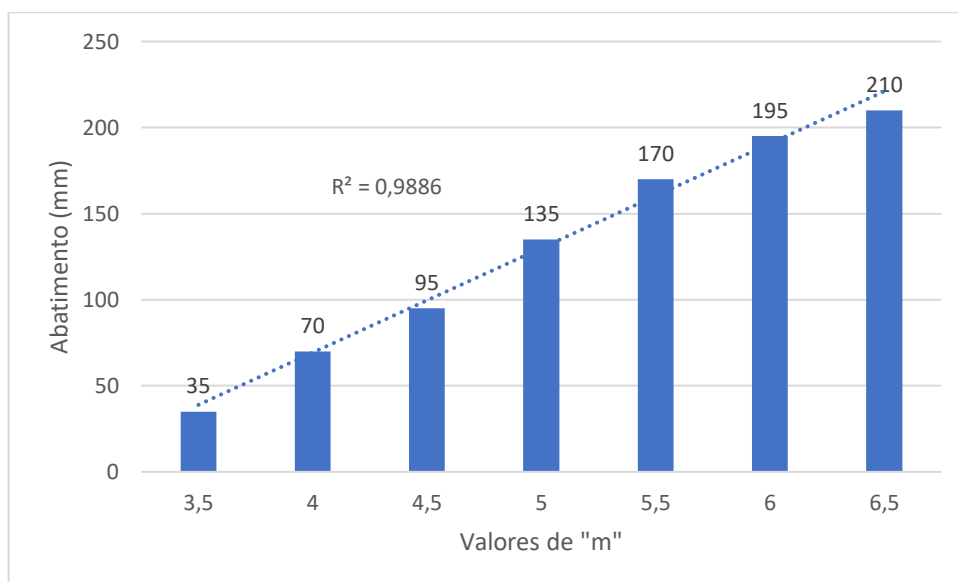


Fonte: o autor (2021).

Como apresentado no gráfico 20, as resistências a compressão tendem a maiores valores quando feito com o traço rico, com um maior consumo de cimento. Por outro lado, quando saímos do traço rico para o pobre, ou seja, quando aumentada a proporção de areia e brita e a redução de cimento no traço, menor será a resistência do concreto.

O resultado do abatimento do concreto está apresentado no gráfico 19, logo abaixo.

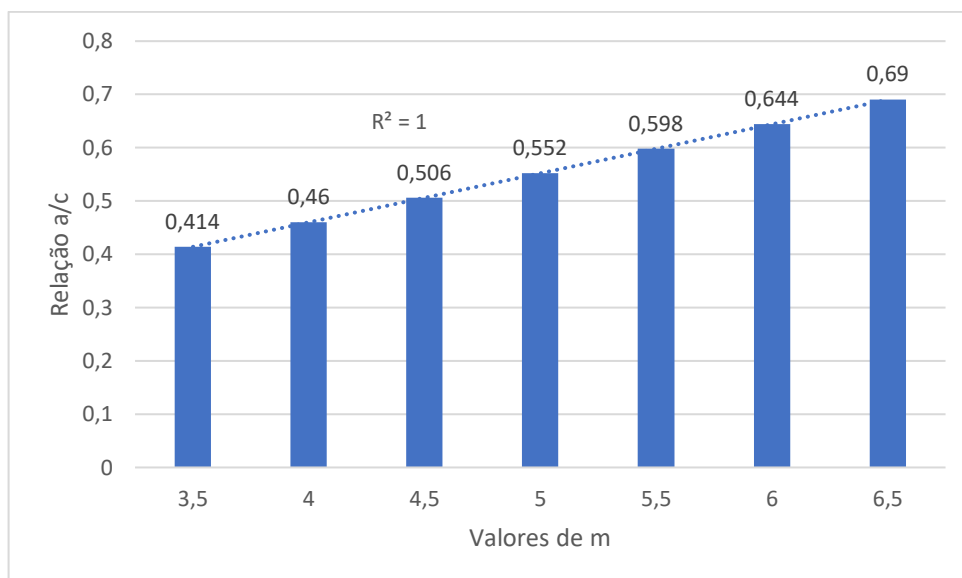
Gráfico 19 – Determinação do abatimento do concreto para respectivos traços.



Fonte: o autor (2021).

Pode-se observar no gráfico acima que quanto maior a quantidade de cimento, traço rico, menor será o abatimento, provavelmente devido à maior coesão e viscosidade dessa mistura. Para o concreto pobre verifica-se um alto valor do abatimento, o que ocasionou um concreto muito fluido e menos coeso. Já os concretos com m igual a 4,5 e 5,0 resultaram em valores como o esperado, onde o abatimento foi fixado em 120 ± 20 mm.

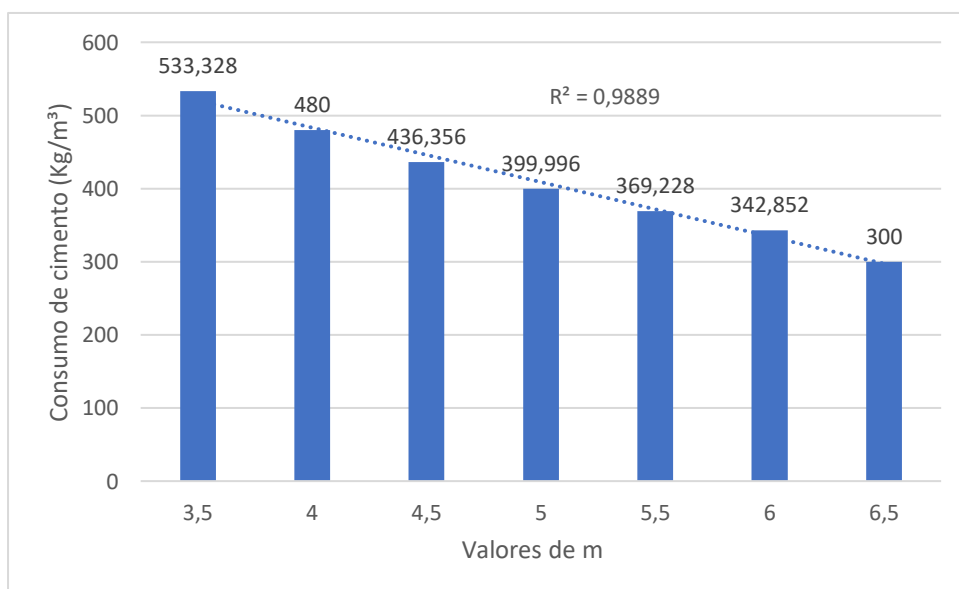
O gráfico 20, apresenta o resultado da relação água cimento utilizada nos determinados traços.

Gráfico 20 - Determinação da relação água cimento do concreto dos traços analisados.

Fonte: o autor (2021).

Nas relações água/cimento apresentadas no gráfico 20 para os traços abordados, tem-se que quanto maior a quantidade de agregado graúdo e miúdo, maior será a quantidade de água na amostra. A relação a/c é afetada de maneira direta pela quantidade de agregado na mistura, visto que a porcentagem de agregados é maior do que a de aglomerante, mesmo sendo um traço rico.

Os consumos de cimento dos respectivos traços estão expostos no gráfico 21 a seguir.

Gráfico 21 – Consumo de cimento para os traços determinados.

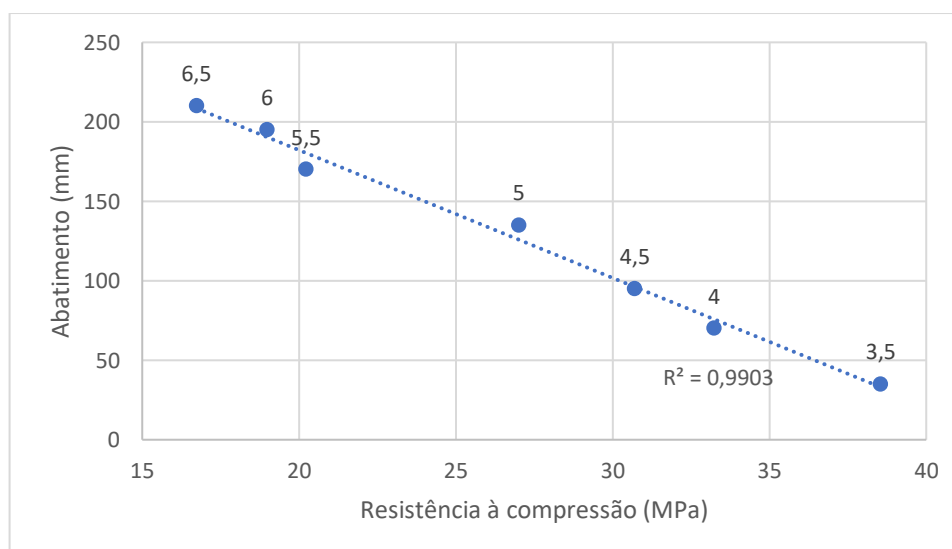
Fonte: o autor (2021).

O consumo de cimento como mostrado no gráfico, aumenta quando vai do traço pobre para o rico. O consumo nos concretos convencionais está perto de uma média de 350 Kg/m³ como apresentado nas bibliografias, no entanto o resultado dos traços mostra que os concretos pobres foram os que chegaram próximo dessa média, no entanto, obtiveram os demais resultados não aceitáveis segundo as normas técnicas para concretos estruturais, tais como alta relação a/c, consistência muito fluida e baixa resistência mecânica.

Logo a seguir estão dispostas as correlações existentes entre os ensaios feitos nos traços do concreto.

A correlação entre a resistência à compressão e abatimento de tronco de cone (Slump test) está mostrada no gráfico 22.

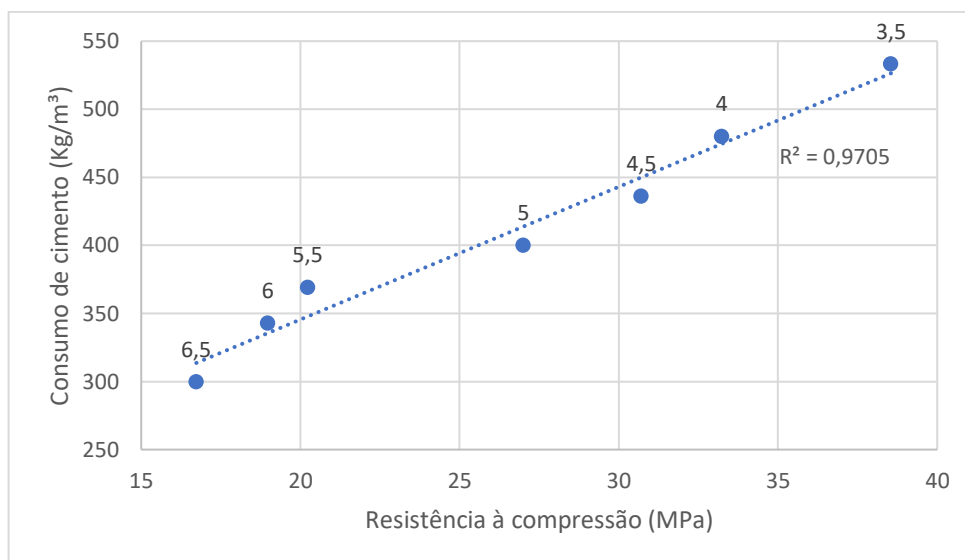
Gráfico 22 - Correlação entre resistência à compressão e abatimento do concreto.



Fonte: o autor (2021).

É possível verificar no gráfico uma ótima correlação entre os ensaios. Analisando o mesmo, observa-se que com a redução da proporção de agregados (m), tem-se o aumento da resistência à compressão, devido a maior quantidade de cimento no traço, e também tem a redução do abatimento, em razão que, quanto maior a quantidade de aglomerante mais consistente fica o concreto, estando de acordo com a literatura.

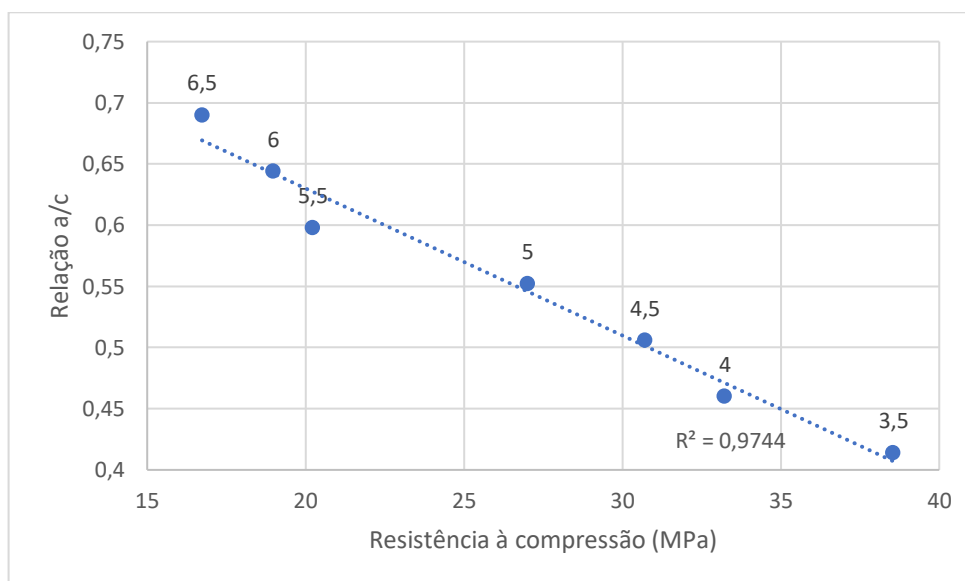
No gráfico 23 a seguir apresenta-se a correlação entre a resistência à compressão e o consumo de cimento, nos traços analisados.

Gráfico 23 – Correlação entre resistência à compressão e o consumo de cimento.

Fonte: o autor (2021).

Pelo gráfico 23 é possível observar que existe uma correlação entre a resistência à compressão e o consumo de cimento, visto que quanto menor a quantidade de agregados (m), maior será sua resistência e o seu consumo de cimento.

Em seguida apresenta-se a correlação entre a resistência à compressão e a relação água cimento.

Gráfico 24 – Correlação entre a resistência à compressão e a relação a/c.

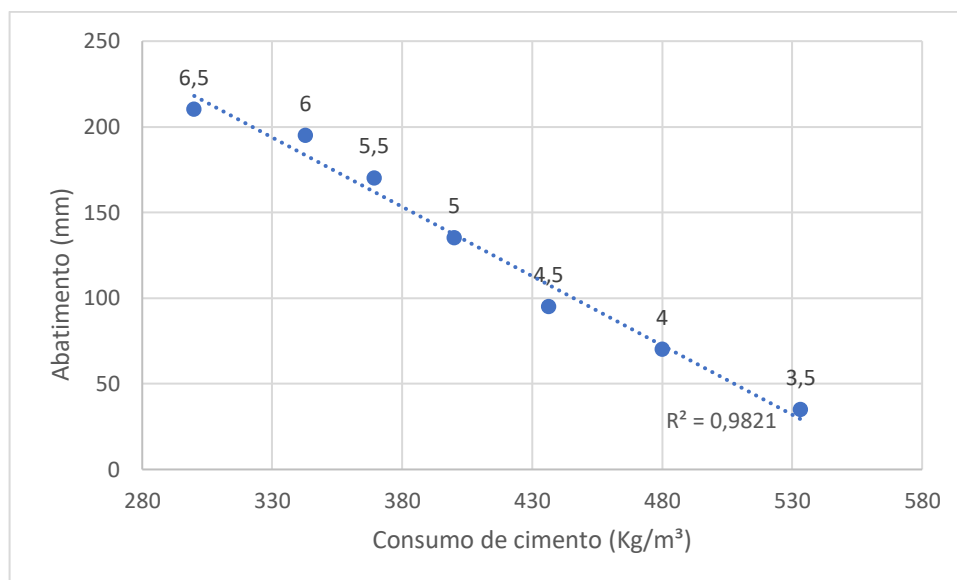
Fonte: o autor (2021).

Fazendo a análise do gráfico 24 é possível verificar a correlação existente entre a resistência à compressão e a relação água cimento, quando o traço vai aumentando

a quantidade de cimento, a resistência aumenta e a relação a/c diminui, dado que quanto mais água na mistura, menor a resistência à compressão, estando de acordo com as bibliografias estudadas.

Pode-se observar no gráfico 25 a correlação entre o consumo de cimento e o abatimento de tronco de cone.

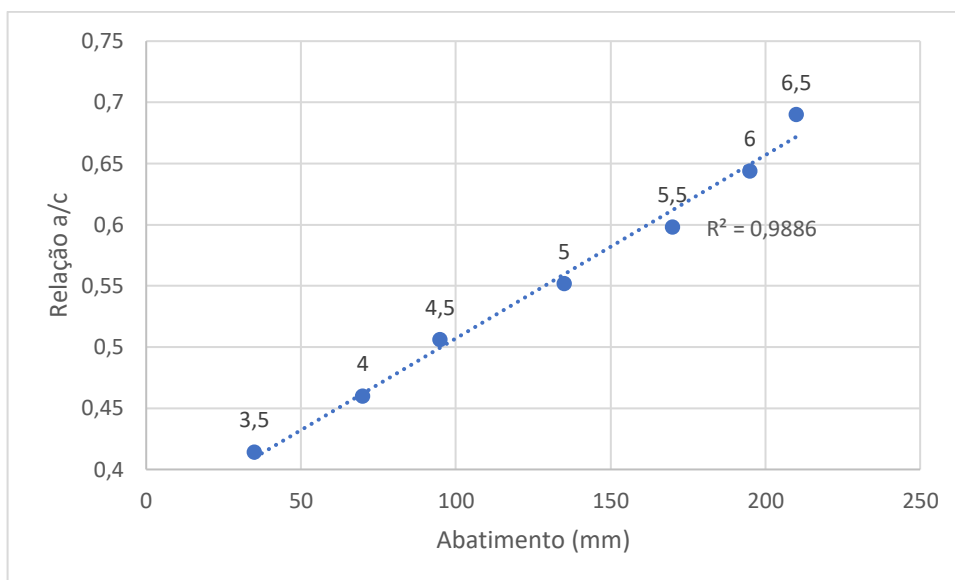
Gráfico 25 – Correlação entre consumo de cimento e abatimento (Slump Test).



Fonte: o autor (2021).

Do gráfico, analisa-se que existe uma boa correlação entre o consumo de cimento e o abatimento, onde o consumo de cimento aumenta do traço pobre para o rico e o abatimento diminui com o aumento da quantidade de cimento, devido ao fato que, quanto maior a quantidade de cimento na amostra maior sua consistência, devido ao aumento de coesão e viscosidade.

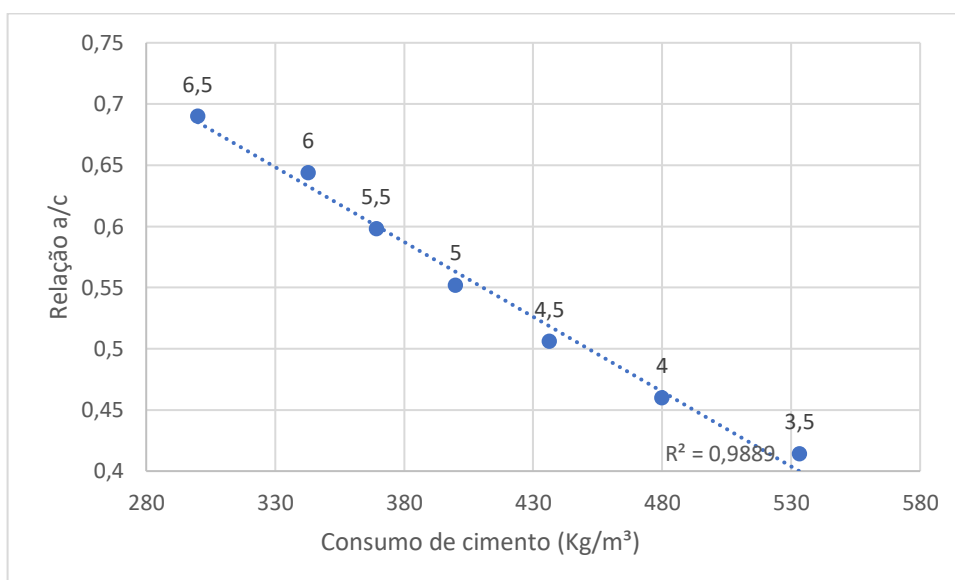
Em seguida, mostra-se o gráfico 26 que trata da correlação entre o abatimento de tronco de cone e a relação água cimento.

Gráfico 26 – Correlação entre o abatimento (Slump Test) e a relação a/c.

Fonte: o autor (2021).

Graficamente pode-se observar que ocorreu uma correlação entre o abatimento e a relação a/c. Essa correlação é explicada pelo fato de que quando maior a quantidade de água na mistura do traço, maior será sua consistência do abatimento, no entanto muita água não significa uma boa consistência.

Em seguida está apresentado o gráfico 27 com a correlação entre o consumo de cimento e a relação água cimento.

Gráfico 27 – Correlação entre o consumo de cimento e a relação a/c.

Fonte: o autor (2021).

Pelo gráfico, nota-se que ocorreu uma correlação entre o consumo de cimento e a relação a/c , que com a diminuição a quantidade de água nos traços vai aumentar o consumo de cimento, devido ao fato de que os traços ricos consomem mais cimentos e tem uma menor quantidade de água.

Notou-se nas análises feitas nos concretos uma pequena dispersão entre os resultados. No entanto para obter concretos com resistências a compressão maiores que 30MPa, o consumo de cimento já aumenta consideravelmente.

6. CONCLUSÃO

Analizando os resultados das três marcas de cimentos, todos CP II – F 32 RS. Chega-se à conclusão que as mesmas variaram bastante seus resultados, que apesar de serem cimentos muito consumidos no mercado sergipano, nenhuma delas chegaram a atender a norma de resistência à compressão do cimento. Já em relação aos demais ensaios realizados nas respectivas marcas de cimento Poty, Mizu e Nacional, obtiveram-se resultados de acordo com o preconizado pela norma técnica específica, no entanto, muito distintos entre eles, alguns chegando a incoerências de acordo com a literatura estudada. Um motivo que pode ter ocasionado tais divergências é o fato da composição química de cada cimento estar muito diferente uma da outra, apesar de toda a composição ter seus limites de materiais e quantidades especificadas por norma.

Devido a pandemia causada pelo Corona vírus (Covid 19), os testes de traço de concreto convencional só foram possíveis serem feitos com o cimento Poty. Feito o estudo de dosagem do concreto, obtém-se uma conclusão a respeito dos traços, dentre os quais, apenas dois traços têm uma composição geral ideal para um concreto convencional, onde se teve um gasto de cimento considerável para obter uma boa resistência e apresentar uma boa consistência. Para alcançar resistências maiores e obter uma boa consistência seria preciso o uso de aditivos.

Pode-se concluir também, por esse estudo, que o cimento Poty apresentou baixa variabilidade tendo em vista o alto índice de correlações encontradas entre os parâmetros de mistura e propriedades, tanto no estado fresco, quanto endurecido, o que é um ponto positivo para a Indústria da Construção Civil.

É importante ressaltar que os ensaios de caracterização do cimento influenciaram em alguns fatores que fizeram com que o concreto tivesse o resultado de uma boa resistência com um consumo alto de cimento. Desse modo pode-se concluir que as características do cimento influenciam de maneira direta nas propriedades do concreto.

Logo, fica como sugestão para trabalhos futuros a realização do estudo de traço para as marcas de cimento Mizu e Nacional, podendo ser feito um comparativo de resultados entre as marcas, de modo que seja analisado as marcas consumidas no estado de Sergipe.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607: Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606: Cimento Portland — Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11582: Cimento Portland — Determinação da expansibilidade de Le Chatelier**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland — Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

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

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

VILELA, Sara Rafaela de Souza. **Influência do cimento Portland comercializado em Aracaju-Sergipe em concretos convencionais**. 64 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

MENEZES, Ítalo R. Carvalho de. **Avaliação de alguns métodos de dosagem para concretos convencionais quando utilizados os materiais comercializados no estado de Sergipe**. 62 folhas. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2017.

SILVA, Gabriel Santos. **Dosagem de concretos convencionais utilizando materiais comercializados no estado de Sergipe pelo método IPT/EPUSP**. 55 folhas. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2020.

SIMONETO, G.W. **AVALIAÇÃO DA ALTERAÇÃO DA FINURA E COMPOSIÇÃO DO CIMENTO PORTLAND BRASILEIRO NAS ÚLTIMAS DÉCADAS: ESTUDO EXPLORATÓRIO**. 2020. 95 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2020.

GIRARDI, R. **Estudo da variabilidade do cimento Portland que abasteceu o mercado do Rio Grande do Sul no período de 1992 a 2012.** 2014. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

TORRES, A. F.; ROSMAN, C.E.E. **Método para dosagem racional dos concretos.** São Paulo, ABCP, 1956. 69 p.

BOGGIO, Aldo J. **Estudo comparativo de métodos de dosagem de concretos de cimento Portland.** 182 folhas. Dissertação (Mestre em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

SOBRAL, Hernani Sávio. **Propriedades do concreto fresco.** 5.ed. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000. 32p. (ET-15)

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

HELENE, P. R. L.; ANDRADE, T. **Concreto de cimento Portland.** In: 52º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Florianópolis. Santa Catarina: IBRACON, 2010.

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

METHA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2008.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** Vol. 1 e 2. São Paulo, 2000.

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

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