

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

NÍVEL MESTRADO

ANA MARTHA CARNEIRO PIRES DE OLIVEIRA

**CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO USINADO:
quantificação e principais fatores de influência**

**São Leopoldo
2020**

ANA MARTHA CARNEIRO PIRES DE OLIVEIRA

**CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO USINADO:
quantificação e principais fatores de influência**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Parisi Kern

São Leopoldo
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

O48c Oliveira, Ana Martha Carneiro Pires de
Consumo de água na produção de concreto usinado:
quantificação e principais fatores de influência / Ana
Martha Carneiro Pires de Oliveira. – 2020.
170 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do
Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, São Leopoldo, RS, 2020.
“Orientadora: Profa. Dra. Andrea Parisi Kern”

1. Engenharia Civil. 2. Concreto - Fabricação. 3.
Água - Consumo. I. Título.

CDU 624

Catlogação na Fonte:

Mariana Dornelles Vargas – CRB 10/2145

ANA MARTHA CARNEIRO PIRES DE OLIVEIRA

**CONSUMO DE ÁGUA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO USINADO:
quantificação e principais fatores de influência**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Aprovada em 11 de novembro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Andrea Parisi Kern (orientadora) – Unisinos

Profa. Dra. Dayana Bastos Costa – UFBA

Profa. Dra. Luciana Paulo Gomes – Unisinos

Prof. Dr. Maurício Mancio – Unisinos

Dedico este trabalho a pessoa que mais me incentivou
durante esta jornada, meu esposo Marcelo Pires de
Oliveira

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa, com saúde e forças para chegar até o final.

Sou grata ao meu marido Marcelo Pires de Oliveira que sempre me deu apoio.

Deixo um agradecimento especial a minha orientadora Profa. Dra. Andrea Parisi Kern, pelo incentivo e pela dedicação de seu tempo a este projeto de pesquisa.

Ao meu Professor Maurício Mancio e a minha colega Angélica Koppe, aos engenheiros Emerson Macedo e Airton Fontanive pela grande colaboração e atenção que se tornou essencial para que o projeto fosse concluído.

Também quero agradecer a Universidade Vale do Rio dos Sinos e a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) pela elevada qualidade do ensino oferecido.

Lembra quando você achava que “chegar lá” era exatamente onde você
está hoje ?

Vai com calma. Respira. Agradece por tudo.
Você já chegou lá (mais vezes do que imagina).

Daniel Bovolento (2018)

RESUMO

Um dos materiais mais utilizados pela construção civil é o concreto, seus componentes principais são cimento, agregados miúdos e graúdos e água, além de adições que são utilizados conforme as necessidades de cada projeto. A água tem a função de hidratar o cimento e assim unir os demais que irão conferir as características de resistência e durabilidade do concreto, contribuindo também para a trabalhabilidade do material. O consumo de água para o seu amassamento depende da quantidade de cada outro elemento, ou seja, de seus agregados. O presente trabalho realizou levantamentos em três centrais dosadoras de concreto localizadas no Estado do Rio Grande do Sul a respeito do consumo de água para a confecção do concreto. Buscou conhecer melhor as práticas de manejo e gerenciamento ambiental, assim como levantar quais as matérias primas que as centrais dosadoras utilizam na produção do concreto entregue aos clientes. Caracterizado como pesquisa de campo, o trabalho, conheceu as práticas e os elementos que cada central dosadora de concreto utiliza na sua produção. Baseado nas diferenças e semelhanças entre elas, foi possível descobrir quais são os principais fatores de influência no consumo de água para a fabricação do concreto. Por cada uma delas possuir características distintas a pesquisa não pretendeu ser uma análise comparativa. Desta maneira a partir dos dados obtidos com as ferramentas de pesquisa, que foram os questionários de conformidade e o levantamento do consumo de água das centrais dosadoras no período do primeiro semestre de 2019 é possível avaliar que os principais fatores de influência de consumo de água na produção do concreto usinado são os tipos de agregados miúdos utilizados e a escolha dos aditivos plastificantes e superplastificantes utilizados para melhorar a trabalhabilidade, facilitando a moldagem sem a necessidade de maior consumo de água na dosagem do concreto.

Palavras-chave: Consumo de Água. Concreto Usinado. Fatores de Influência.

ABSTRACT

One of the most used materials for civil construction is concrete. Concrete is a composite material composed of cement, fine and coarse aggregates, and water. According to the needs of each project, it happens the use of additives. The water has the function of hydrating cement, thus conferring the characteristics of strength and durability of the concrete, in addition to contributing to its workability. The consumption of mixing water depends on the quantity of each other element in concrete. The present work carried out surveys in three concrete plants located in the State of Rio Grande do Sul regarding the consumption of water for making concrete. It also sought to learn more about environmental management and management practices, as well as to find out which raw materials the dosing plants use to produce the concrete delivered to customers. The present work was field research that got to know the practices and elements that each concrete batching plant uses in its production. Based on the differences and similarities between the batching plants, it was possible to discover which are the main factors of influence on the water consumption of the concrete. Because they had different characteristics, the research does not intend to be a comparative analysis. Thus, from the data obtained with the research tools, which were the compliance questionnaires and the survey of the water consumption of the batching plants in the first semester of 2019, it is possible to assess that the main influencing factors of water consumption in the production of ready mixed concrete are the types of fine aggregates used, and the choice of plasticizer and superplasticizer admixtures used to enhance workability of the mixture, facilitating its mixing and casting without the need for a larger consumption of water in concrete mix design.

Keywords: Water consumption. Ready Mixed Concrete. Influence Factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da água na Terra	23
Figura 2 : Etapas da avaliação Hídrica.....	25
Figura 3: Composição Básica do Concreto	29
Figura 4 - Água para o concreto.....	41
Figura 5: Delineamento da Pesquisa	47
Figura 6 : Visitas técnicas realizadas para a pesquisa.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Preparo, controle, recebimento e aceitação.....	56
Gráfico 2: Execução de concreto dosado em central	56
Gráfico 3: Agregados para concreto - Especificação.....	57
Gráfico 4: Resíduos Industriais	57
Gráfico 5: Sistemas de gestão ambiental	57
Gráfico 6: Volume de concreto (m ³) produzido no primeiro semestre de 2019	59
Gráfico 7: Volume de água de amassamento mensal em Litros	61
Gráfico 8: Volume de água de Lavagem dos Caminhões em Litros.....	62
Gráfico 9: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões	64
Gráfico 10: consumo de água (em litros) para a produção de um m ³ de concreto	64
Gráfico 11: Relação entre água de amassamento e produção de concreto.....	71
Gráfico 12: Relação entre água de amassamento e o consumo de cimento	71
Gráfico 13: Relação entre água de amassamento e consumo de brita	71
Gráfico 14: Relação entre água de amassamento e consumo de areia	71
Gráfico 15: Relação entre água de amassamento e consumo de Aditivo	72
Gráfico 16: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões - Usina 1.....	75
Gráfico 17: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões - Usina 2.....	75
Gráfico 18: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões - Usina 3.....	75
Gráfico 19: Consumo de água (em litros) para a produção de um m ³ de concreto descontada a água de lavagem	77
Gráfico 20: Relação de consumo de água total (água de amassamento com água lavagem) para produção de um m ³ de concreto.....	78
Gráfico 21: Relação de consumo de água de amassamento sem água de lavagem para produção de um m ³ de concreto	78

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1: Silo de estocagem de cimento em concreteira.....	30
Fotografia 2: Recipientes de aditivos entregues pelos fornecedores	30
Fotografia 3: Cabine de carregamento das betoneiras	30
Fotografia 4: Pedra Britada	37
Fotografia 5: Estocagem de Agregados miúdos.....	37
Fotografia 6: Baias de Agregados miúdos.....	37
Fotografia 7: Areia de britagem – Usina 3.....	38
Fotografia 8: Areia de britagem – Usina 3.....	38
Fotografia 9: Areia de britagem – Usina 1.....	38
Fotografia 10: Tanque de armazenamento de água Usina 3	40
Fotografia 11: Armazenamento de água Usina 3	40
Fotografia 12: Tanques de armazenamento de água Usina 3.....	40
Fotografia 13: Tanque de decantação de água servida do concreto.....	41
Fotografia 14: Tanques de decantação de água servida do concreto.....	41
Fotografia 15: Decantação de água servida do concreto	41
Fotografia 16: Modelo de recipiente utilizado para a quantificação da água de lavagem dos caminhões	51
Fotografia 17: Lavagem de caminhão betoneira da Usina 1	60
Fotografia 18: Tanques de água de amassamento Usina 2.....	60
Fotografia 19: Lavagem caminhão betoneira	60
Fotografia 20: Tanque de armazenagem de água de reuso Usina 3	63
Fotografia 21: Limpeza de Caminhão Betoneira	63
Fotografia 22: Tanque de decantação de água de lavagem Usina 1	63
Fotografia 23: Baias de estocagem de agregados	69
Fotografia 24: Silos de Cimento e Baias de Agregados	69
Fotografia 25: Pátio com areia de britagem.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Volume de concreto (m ³) produzido no primeiro semestre de 2019.....	59
Tabela 2: Volume de água de amassamento mensal em Litros.....	61
Tabela 3: Fator água / materiais secos.....	62
Tabela 4: Volume de água de Lavagem dos Caminhões em Litros	62
Tabela 5: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões.....	64
Tabela 6: Consumo de água (em litros) para a produção de um m ³ de concreto.....	64
Tabela 7: Características dos concretos e materiais das três usinas.....	67
Tabela 8: Materiais Utilizados pelas Usinas na composição do Concreto	70
Tabela 9: Consumo mensal médio de produtos da mistura de concreto baseado na produção mensal média.....	70
Tabela 10: Fatores de influência no consumo de água de amassamento para a produção do concreto.....	72
Tabela 11: Consumo de água (em litros) para a produção de um m ³ de concreto descontada a água de lavagem	77

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise de Ciclo de Vida
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio (Calcário)
CO ₂	Dióxido de carbono
F	Força
Fck	Resistência característica à compressão
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis – Análise de Modo e Efeito de Falha
ISO	International Standard Organization – Organização Internacional de Padronização
mm	Milímetros
MPa	Megapascal
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
NR	Norma regulatória
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Tema	15
1.2 Delimitação do Tema	17
1.3 Problema	17
1.4 Objetivos	18
1.4.1 Objetivo Geral	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 Justificativa	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Questões ambientais e a construção civil	20
2.1.1 Análise de Ciclo de Vida (ACV)	21
2.1.2 Pegada hídrica	23
2.1.3 Análise dos Modos de Falha e Efeitos - F.M.E.A (Failure Mode and Effects Analysis)	26
2.2 Concreto como material de construção	28
2.2.1 Breve histórico	28
2.2.2 Matérias-primas	28
2.2.3 Concreto armado	30
2.3 Tipos de concreto	33
2.4 Agregados	35
2.4.1 Agregado Graúdo	36
2.4.2 Agregado miúdo	36
2.4.3 Areia britada (Agregado miúdo)	38
2.5.3 Outros agregados	39
2.5 Água de amassamento	40
3 METODOLOGIA	43
3.1 Estratégia de pesquisa	44
3.2 Objetos de estudos	46
3.3 Delineamento da pesquisa	46
3.3.1 Etapa I – Identificar os processos de gerenciamento ambiental das Concreteiras, com foco no consumo de água:	47
3.3.2 Etapa II – Determinar o consumo de água para a produção do concreto:	49

3.3.3 Etapa III – Fatores de influência no consumo de água para a produção de concreto:.....	52
3.3.4 Visitas técnicas.....	52
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
4.1 Gerenciamento ambiental praticado pelas Usinas	56
4.2 Produção de concreto (m³) e consumo de água pelas Usinas estudadas	58
4.3 Identificação e análise dos principais fatores que influenciam o consumo de água na produção do concreto	65
5 DISCUSSÃO	79
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE A–QUESTIONÁRIO ADAPTADO FMEA APLICADO USINA 1	93
APÊNDICE B–QUESTIONÁRIO ADAPTADO FMEA APLICADO USINA 2	121
APÊNDICE C–QUESTIONÁRIO ADAPTADO FMEA APLICADO USINA 3	140
APÊNDICE D -FOTOGRAFIAS DAS VISITAS DE CAMPO	159

1 INTRODUÇÃO

Dentre todas as atividades humanas a construção civil é aquela que mais causa impacto ao meio ambiente, sendo responsável pelo consumo de um terço dos recursos naturais do planeta (ROQUE; PIERRI, 2019). Um dos elementos de alto consumo pela indústria da construção civil é a água, presente em praticamente todos seus processos. A água é utilizada como componente de diversas misturas que auxiliam nas estruturas, e serve para a limpeza de materiais, utensílios e espaços. O consumo de água pela indústria da construção civil passou a ser uma preocupação nos últimos dez anos, e conduziu a uma série de pesquisas, investigações e ações que objetivam a redução, a economia e o uso racional desse recurso.

A preocupação com o abastecimento de água no planeta é um tema sensível e importante para diversos setores da sociedade. Muitos têm sido os trabalhos que abordam essa temática (ANA, 2019; BORGES; TEIXEIRA, 2019; HOEKSTRA, 2013), sempre nos aspectos de haver um consumo excessivo por conta do aumento populacional e da percepção de que a água é um recurso limitado no planeta e que sua obtenção, para muitos locais, é difícil e seu fornecimento dentro de alguns parâmetros são considerados inadequados ou escassos. A água faz parte da cadeia produtiva de inúmeros produtos de consumo humano, e entre eles está o concreto.

Entretanto, durante muito tempo os estudos sobre a água se concentraram no seu uso e consumo em cadeias produtivas consideradas mais ligadas à vida humana, como alimentos e vestuário (BORGES; TEIXEIRA, 2019), em seguida a indústria automobilística também passou a ser analisada, mas ainda não existe um estudo mais profundo sobre o consumo de água na indústria da construção civil (SILVA, D.H. *et al.*, 2018).

1.1 Tema

Um dos materiais mais utilizados na construção das civilizações humanas é o concreto, que está presente em inúmeras obras de engenharia, incluindo as que atestam a inventividade e a capacidade humana de superar desafios e limitações (EL DEBS, 2017; MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016). O concreto é definido como sendo uma “pedra artificial” que se vale das características de seus

componentes para atingir altos níveis de impermeabilidade e resistência (COUTO *et al.*, 2015).

Os componentes do concreto são cimento, agregados miúdos e graúdos e água, além de aditivos químicos que são utilizados conforme as necessidades de cada projeto. A água tem a função de hidratar o cimento e assim unir os demais que irão conferir as características de resistência e durabilidade do concreto, contribuindo também para a trabalhabilidade do material. O consumo de água para o seu amassamento depende da quantidade de cada outro elemento, ou seja, de seus agregados.

Segundo El Debs (2017) o cimento necessita da água para ser hidratado e se ligar aos agregados, sendo que esta relação dentro do campo técnico é chamada de relação água cimento (a/c). Mas os outros elementos também são fatores que influenciam no consumo de água. A granulometria, área superficial, capacidade de absorção de água e o teor de umidade dos agregados, em especial dos agregados miúdos, também têm grande influência no consumo de água na dosagem do concreto, a fim de atingir uma determinada consistência da mistura. O tipo de agregado utilizado também afeta o tipo de concreto e por consequência o consumo de água.

A mistura dos materiais que compõem o concreto pode ser realizada na obra, geralmente com auxílio de betoneira ou por empresas Concreteiras, especializadas em produzir o concreto usinado, que chega na obra por caminhões betoneiras e é bombeado na fôrma, que já contém a armadura para formar as peças estruturais. Assim, o concreto usinado é aquele produzido por uma empresa em um ambiente controlado em que as cargas de insumos são determinadas por especificações técnicas que envolvem desde o tempo de pega do material, suas características físicas até a sua resistência (NEVILLE, 2016).

Para conhecer o consumo de água na produção do concreto usinado é necessário considerar todos os componentes da mistura do concreto na busca de, além de medir o consumo total de água, conhecer os fatores de influência do aumento ou diminuição deste consumo. Alguns teóricos batizaram o conhecimento do consumo de água dos produtos industrializados de Pegada Hídrica (VEIGA, 2019), mas esse conceito é muito amplo e envolve um conhecimento profundo tanto da cadeia produtiva dos produtos quanto do ciclo de vida dos produtos estudados.

A presente pesquisa pretende investigar o consumo de água na fabricação de concreto usinado em diferentes centrais dosadoras, considerando a água utilizada na

mistura (conhecida como água de amassamento) e a água utilizada no processo de limpeza dos caminhões, analisando quais são os principais fatores que influenciam no volume de água consumido.

1.2 Delimitação do Tema

O trabalho analisa o consumo de água utilizado por empresas Concreteiras na fabricação de concreto usinado, desconsiderando a água virtual utilizada na obtenção das matérias-primas (cimento, agregados e aditivos). A água virtual (BORGES; TEIXEIRA, 2019) da Pegada Hídrica do concreto corresponde a toda a água que é utilizada nos processos de extração das matérias primas do cimento, como o calcário, em que a água é utilizada para auxiliar na escavação, lavagem dos equipamentos, resfriamento de caldeiras e obtenção de energia hidroelétrica para os fornos. Também deve ser contabilizada a água utilizada na fabricação dos aditivos para obter determinadas características plásticas e de trabalhabilidade (CHRIST *et al.*, 2019). Há ainda que ser adicionada a água que compõem a areia natural, que normalmente é retirada de rios *in natura*, isto é, com água do rio em sua composição. Outro item da pegada hídrica do concreto deve considerar a água de amassamento e a água residual da limpeza dos caminhões. Desta maneira a água virtual do concreto precisa contabilizar as muitas águas dos seus componentes em toda sua cadeia produtiva (CABRAL *et al.*, 2019).

Dessa maneira, o presente trabalho não é sobre a pegada hídrica do concreto, mas sim sobre a quantificação de água utilizada dentro das usinas Concreteiras para a produção do concreto, e nelas, considerando a totalidade da água consumida, seja diretamente no amassamento do concreto, como também a água utilizada pelos funcionários dentro das instalações das Concreteiras, bem como para a lavagem dos equipamentos e caminhões das usinas.

1.3 Problema

Diante da iminente escassez de água para consumo humano, cresce cada vez mais a preocupação com os usos industriais da água na composição de diferentes produtos. Um deles é o concreto, o problema é que as empresas Concreteiras não

dispõem de mecanismos de controle e acompanhamento do seu consumo de água e é desconhecido o fator de impacto do uso desse elemento na crescente crise hídrica.

Desta maneira, o trabalho se norteia a partir das seguintes questões de pesquisa “qual é o consumo de água na composição do concreto usinado? Quais são os principais fatores de influência no consumo de água?”

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Investigar o consumo de água para a produção de Concreto Usinado analisando os principais fatores que influenciam o volume de água consumido para três Concreteiras instaladas no Rio Grande do Sul.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar os processos de gerenciamento ambiental e analisar os modelos de gestão de Usinas de Concreto, com foco no consumo de água nas Concreteiras estudadas;
- Determinar o consumo de água para a produção de um metro cúbico de concreto em diferentes usinas;
- Identificar fatores que influenciam o consumo de água na produção de Concreto Usinado.

1.5 Justificativa

Um dos elementos ainda pouco inventariado dentro do ciclo de vida do concreto é a água, presente em todas as etapas de sua fabricação (MEDEIROS; PEREIRA, 2018). A água faz parte da composição do concreto, mas também está presente nos fornecedores de insumos, como areia, brita, aditivos e cimento. Também há consumo de água nos processos de limpeza dos caminhões betoneira e nos muitos processos em canteiros de obra para melhorar a trabalhabilidade e cura do concreto (LIMA *et al.*, 2019). Este ciclo de vida da água, quando bem estudado, deve fornecer informações para propor otimização do seu uso, objetivando a redução do consumo deste

elemento finito e que a cada ano tem sido uma crescente preocupação de todos os setores da sociedade (MARQUES; GOMES; BRANDLI, 2017).

As Concreteiras estão, ao longo dos últimos anos, buscando associar suas atividades com o pensamento sustentável. As novas soluções de argamassas e concretos estão procurando aliar eficiência com a redução do uso de insumos, seja com o uso de aditivos na mistura, como fibras (BORGES; MOTTA; PINTO, 2019), areia de britagem (BARBOSA *et al.*, 2019), e água magnetizada (FIGUEREDO *et al.*, 2019) para reduzir a utilização de matérias primas, como cimento, areia e água. A água é um insumo que as Concreteiras buscam reduzir com a busca de novos tipos de argamassa e concreto que utilizam aditivos que aumentam a trabalhabilidade sem a necessidade de maior adição de água.

Nas usinas de concreto a água é fundamental, mas o uso excessivo pelas usinas tem causado impacto ambiental e econômico, por isso há um crescente investimento na busca pela redução do consumo de água que está presente em muitas etapas do processo produtivo do concreto e é também utilizada na lavagem de cada caminhão betoneira assim que retornam da obra (SILVA; PAULA, 2019).

De acordo com a UNESCO, nas décadas 2000 e 2010, o consumo de água cresceu duas vezes mais que a população (UNESCO, 2012), fato que, aliado às variações climáticas, se tornou amplamente discutido na construção civil. Esse fenômeno demonstra a necessidade de a indústria da construção civil estar atenta para as modificações que acontecem no planeta. Observar, por exemplo, mudanças no período histórico de chuvas ou na pluviometria são aspectos importantes para a etapa de planejamento e execução de um empreendimento da construção civil.

A pegada hídrica é calculada por uma estimativa de levantamentos feitos nos países industrializados da Europa e os valores apontados são globais, não refletindo as diferentes realidades regionais (VEIGA, 2019). Ainda é necessário refinar os cálculos para conhecer a realidade das diferentes regiões do planeta e dos mais diversos ramos da economia industrial.

Os cálculos das estimativas da pegada hídrica dos setores de alimentos, têxteis e das indústrias metalúrgicas já são bastante conhecidos e sua divulgação está motivando esses setores a procurarem reduzir seu consumo de água e a adotarem práticas mais sustentáveis de reaproveitamento da água (CABRAL *et al.*, 2019). Os números da construção civil ainda carecem de maiores levantamentos (SOUZA, G.H. *et al.*, 2018).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Questões ambientais e a construção civil

O conceito de sustentabilidade começou com a criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e desenvolvimento (CMMAD) pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 1983 (MOLINA, 2019), em seguida, em 1987, foi publicado o relatório “Nosso Futuro Comum”, ou “Relatório de Brutdtland”, o qual descreve pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável (BATISTA *et al.*, 2019). Anos depois, a Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente (ECO 92), realizado no Brasil em 1992, debateu e atualizou o conceito na busca da preservação ambiental e garantia de melhor qualidade de vida para toda a humanidade (APPIO *et al.*, 2019). O conceito de desenvolvimento sustentável transcende a sustentabilidade ambiental. Procura abraçar a sustentabilidade econômica e social, que enfatiza a adição de valor a qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades (ABI RACHED; ROVAI; LIBERAL, 2018), incluindo questões sociais, como emprego e renda e a preservação ambiental. A proteção do meio ambiente não é um tema que deva ser visto de forma estanque, mas parte de uma proposta mais ampla de desenvolvimento (REIS, 2018).

O que se coloca às indústrias, de um modo geral, é a busca de novas tecnologias, com racionalização na utilização de recursos, eliminando ou reduzindo perdas. O aperfeiçoamento do sistema produtivo (eco eficiência) e sua integração interna e externa para efetivar as transformações necessárias ao atual ambiente de negócios (SANCHES; CARVALHO; GOMES, 2019). O método da produção sustentável é o conjunto de ações que implementam mudanças conscientes na natureza objetivando atender as necessidades sociais e também procura a preservação do meio ambiente, garantindo a capacidade de suprir as gerações futuras em suas necessidades e com redução de desperdício de matérias primas e insumos (DELGADO, 2018).

No Brasil, aproximadamente 40% da extração dos recursos naturais tem como destino a indústria da Construção Civil. As edificações por sua vez consomem 60% da energia gerada e 12% da água doce. 56% dos resíduos sólidos urbanos vem das construções e demolições, além da emissão de 40% dos gases geradores do efeito estufa (MARQUES, 2018). Os recursos são utilizados com grandes taxas de desperdício, pressão sobre o território (solo, ecossistemas, aquíferos etc.). Ruído e

poeira provocadas pela execução das tarefas, uma excessiva produção de resíduos, muitos acidentes de trabalho, baixa qualidade e produtividade e, por fim, a má impermeabilização de solos que provocam fortes impactos ambientais (SCHMITZ; LIBRAGA; SATTLER, 2019).

No Brasil mais de 120 mil toneladas são desperdiçadas diariamente pela construção civil o que corresponde a mais de 60% do desperdício diário do país. Grande parte deste desperdício poderia ser evitado com melhores práticas e melhor planejamento (PINTO *et al.*, 2019). É por essa razão que a sustentabilidade assume um papel de grande importância na construção civil (DU PLESSIS, 2002), pois estima-se que metade dos recursos que são retirados do meio ambiente estão relacionados com a construção civil (BARTHOLO JUNIOR, 2019).

Para minimizar os impactos ambientais causados pela indústria da construção, surgiu o novo paradigma da construção sustentável proposta por Kibert em 1994 (KIBERT, 2007; MARTIN; PERRY, 2019). Construção sustentável pode ser entendida como a busca por tecnologias e processos que visam harmonizar a interferência humana na natureza com construções de baixo impacto ambiental e que incluam processos de reciclagem e aproveitamento de energia. Entre os objetivos da sustentabilidade na construção civil devem ser incluídos a redução do consumo de energia e de água, desde o processo construtivo e ao longo de toda a sua vida útil. Também deve haver a redução da emissão de poluentes, seja antes, durante, e após a finalização da obra (BOHANA; FERNANDEZ; MARCHI, 2019; DU PLESSIS, 2002).

Diferentes conceitos, abordagens e ferramentas de gestão com foco ambiental têm surgido e sido aplicados por diferentes setores industriais. Neste contexto, como exemplo, a seguir são apresentados os conceitos de Análise de Ciclo de Vida (ACV) e Pegada Hídrica, tendo em vista o escopo do trabalho.

2.1.1 Análise de Ciclo de Vida (ACV)

Cada etapa de produção tem impactos positivos e negativos para o meio ambiente, sociedade e economia. Conhecer estes impactos é uma oportunidade para criar técnicas e tecnologias de produção mais inteligentes, aproveitar melhor os recursos, reduzir custos e agregar valor ao produto. Algumas instituições já fizeram o mapeamento e estudo do ciclo de vida de alguns setores como é o caso da indústria têxtil (OLIVEIRA, 2006).

A indústria da construção está iniciando a compreensão do ciclo de vida de seus produtos, em especial o ciclo de vida e durabilidade das estruturas em concreto, em que muitos estudos estão procurando aumentar a resistência, durabilidade ao mesmo tempo em que diminuem o consumo de matéria prima (BUENO, 2014).

O ciclo de vida de um produto é considerado uma responsabilidade de todos os envolvidos na cadeia produtiva, desde o fabricante até o serviço de limpeza urbano, incluindo o consumidor. Mesmo não sendo uma exigência para a produção nas empresas a ACV contribui para a redução de impactos ambientais (SILVA, C. L. *et al.*, 2012). A ACV é uma ferramenta de ecoeficiência que incentiva a melhoria nas organizações por meio do conhecimento detalhado de todo o ciclo de produção do produto e suas análises quanto a ser ambientalmente adequado e economicamente viável. Esse tipo de análise tem como resultado para a empresa a aplicação direta no desenvolvimento da melhoria do produto, planejamento estratégico, e políticas públicas, entre outros (MOTTA, 2016).

Em linhas gerais a ACV do produto gera muitas oportunidades, como a reorientação dos processos; a revalorização dos subprodutos; o redesenho dos produtos e a recolocação dos mercados. As fases da ACV são norteadas pela norma ISO 14.040 e ISO 14.044 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, 2014; MUNIZ, 2012). A ACV tem uma visão sistêmica por incluir todas as etapas da cadeia produtiva de um produto. Possibilita conhecer o balanço ecológico do produto e realiza a análise “berço-ao-túmulo”, por acompanhar todas as etapas de uma cadeia produtiva (SATOSHI; SEO; KULAY, 2006).

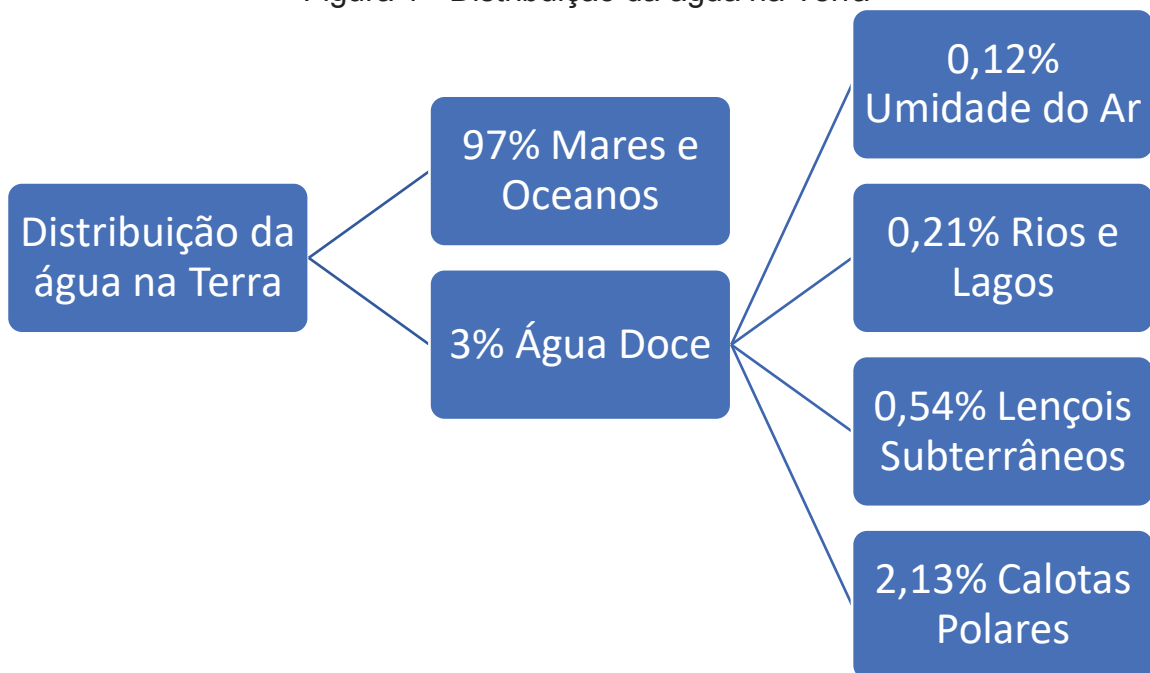
O consumo de água também é uma grande preocupação da ACV em muitos processos e na indústria concreteira é um elemento que merece bastante atenção (ALVES *et al.*, 2018). Outro componente do concreto que a ACV também observa é a areia, elemento que começa a ficar escasso e que vem sendo constante objeto de estudos visando sua substituição por outros elementos com as mesmas características e que não impactem nos custos finais do concreto. Todos e cada elemento da composição do concreto são analisados na ACV do concreto, assim como o produto final, que é a estrutura de concreto que irá permanecer por muitos anos servindo ao seu propósito de uso social, seja como edificação de moradia ou elemento de infraestrutura (INÁCIO *et al.*, 2019).

2.1.2 Pegada hídrica

Como é impossível produzir qualquer produto sem água, há uma crescente preocupação com a obtenção, tratamento e reaproveitamento da água. O Brasil é o país com a maior quantidade de água em seu território e possui cerca de 12% de toda água potável no mundo. A distribuição de água, entretanto, é desigual no país e no mundo. Em alguns países a água já é escassa, principalmente nas grandes cidades.

Cerca de 70% da terra é coberta por água, nesse total 97% são mares e oceanos e a água doce e potável corresponde a apenas 3%. Destes 3% de água doce, 4% está na forma de umidade do ar, 7% nos rios e lagos, 18% nos lençóis subterrâneos e 71% congelados nas calotas polares (MELO JÚNIOR *et al.*, 2019).

Figura 1 - Distribuição da água na Terra



Fonte: Coura *et al.* (2019)

Toda água da Terra é a mesma desde a formação do planeta, isto é, sempre existiu em mesma quantidade fluindo por bilhões de anos. Pode ser sólida, gasosa ou líquida, mas é sempre a mesma quantidade de água. Além da ocorrência dos eventos climáticos naturais, a ação humana tem contribuído para o desequilíbrio do fluxo natural das águas, pois a água é um elemento muito utilizado em todos os processos industriais (COURA *et al.*, 2019).

Pelos dados da ONU, o consumo de água cresceu 680% no século XX e a tendência é aumentar até 2050 (UNESCO, 2019). A agropecuária consome 78% para irrigação e consumo animal para produção de alimentos. A indústria consome 10% e o consumo doméstico de água representa 9% (ANA, 2019).

A metodologia adotada para acompanhar o consumo de água é chamado de Pegada Hídrica. Essa metodologia procura medir o consumo real e virtual de água para a produção de um determinado produto. Segundo HOEKSTRA *et al.* (2011) a Pegada Hídrica é o volume de água doce necessária para a produção de um determinado bem e tudo que é produzido no planeta exige o consumo de água.

A pegada hídrica é um indicador do uso de água doce que não só considera o uso direto da água de um consumidor ou produtor, mas também o uso indireto da água. A pegada hídrica pode ser considerada como um indicador abrangente do uso dos recursos hídricos, ao lado da medida tradicional e restrita da retirada de água. A pegada hídrica de um produto é o volume de água doce utilizado para produzir o produto, medido ao longo de toda a cadeia de suprimento¹(HOEKSTRA *et al.*, 2011 p 24)

O processo de produção de qualquer mercadoria exige o consumo de água. Para saber a quantidade de água gasta em cada um desses processos, é preciso avaliar toda a cadeia de produção, da matéria-prima até o produto. Em 2002, os pesquisadores Hoekstra e Hung (2002) criaram um indicador para medir a água consumida no mundo, com o objetivo de determinar a consumo de água das pessoas, empresas, indústrias, lavouras, cidades e países. Estar consciente da Pegada Hídrica, ou seja, do consumo de água para a produção de um bem, tem como objetivo conscientizar as indústrias e o mercado e assim desenvolver meios para reduzir o risco de escassez e promover um uso mais eficiente da água.

A soma do uso doméstico da água e da importação líquida virtual pode ser vista como uma espécie de "pegada hídrica", na analogia da "pegada ecológica" de uma nação. Em termos simplificados, o segundo refere-se à área necessária para a produção dos bens e serviços consumidos pelos habitantes de um país.²(HOEKSTRA; HUNG, 2002 p. 15)

A água foi reconhecida como um recurso dotado de valor econômico em 1992, na conferência Internacional de Meio Ambiente que aconteceu na Irlanda. Em 2008 foi fundada a "WaterFootprint Network" apoiando os pesquisadores que

¹ Tradução livre

² Tradução livre

desenvolveram o “The WaterFootprint Assesment Manual” (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Neste manual são explicados os conceitos e metodologias que permitem verificar como quantificar o consumo real de água na produção de um bem ou serviço. Essa metodologia é a mais aplicada com relação ao consumo de água no planeta por diferentes pesquisadores.

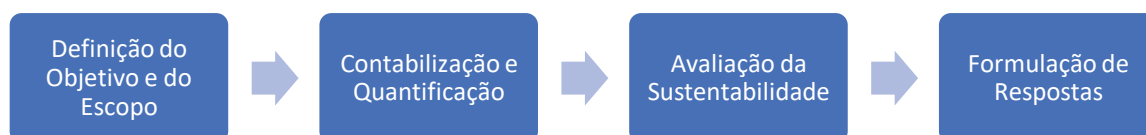
O manual conceitua como Pegada Hídrica o volume total de água doce consumido durante a produção ou consumo de um bem ou serviço, assim como a água utilizada direta ou indiretamente durante esse processo produtivo. A pegada Hídrica classifica a água utilizada na produção de um bem ou serviço em três tipos: água azul, água verde e água cinza (HOEKSTRA *et al.*, 2011).

- Água azul: proveniente de alguma fonte natural, seja superficial ou seja subterrânea como rios, aquíferos, reservatórios e que foi utilizada durante o consumo ou durante a produção de um bem.
- Água verde: água da chuva que venha a ser incorporada na produção do bem ou serviço.
- Água cinza: água necessária para diluir a produção de poluentes ou contaminantes gerados durante o processo produtivo

Esses conceitos, criados em 2002, permitem analisar o gasto direto e indireto de água ao longo da cadeia produtiva de um bem ou serviço, ou seja, desde a extração da matéria-prima até o produto finalizado.

A metodologia da Pegada Hídrica é praticada em quatro etapas: definição do objetivo e do escopo, contabilização da água, avaliação da sustentabilidade e formulação das respostas (HOEKSTRA, 2013).

Figura 2 : Etapas da avaliação Hídrica



Fonte: HOEKSTRA (2013)

O Brasil é categorizado como um país industrializado com consumo médio de água de 2.027 m³ por habitante por ano, acima da média mundial que é 1.385 m³ per capita. No Brasil, para se obter uma xícara de café de 100ml são consumidos 140 litros de água, para se produzir 1 quilo de arroz são consumidos 3.400 litros de água, para se produzir 1 par de sapatos de couro são consumidos 8.000 litros de água, para se produzir 1 quilo de carne bovina são consumidos 16.000 litros de água (MARACAJÁ *et al.*, 2012).

A indústria da construção civil, entretanto, ainda não tem a sua pegada hídrica bem definida e muitas das etapas de produção são consideradas isentas de consumo de água (LIMA, R *et al.*, 2015). Essa interpretação omite a principal aceção da metodologia que é o reconhecimento da existência da água virtual.

Água virtual, é toda a água envolvida na cadeia produtiva e não apenas a água necessária para a finalização do produto ou serviço (BRUM *et al.*, 2019), isto é, para conhecer a pegada hídrica de uma xícara de café, que está calculada em 140 litros (MARACAJÁ *et al.*, 2012), a metodologia considera a água empregada na produção do fertilizante que adubou o solo da planta do café, a água utilizada para irrigar a planta para favorecer seu crescimento, a água da colheita, a água utilizada na fabricação do saco de papel, na fabricação do caminhão de transporte e também a água para sua diluição para chegar na xícara. Portanto, o conceito de água virtual define que não devem ser considerados apenas os 100 ml de água que foram utilizadas para a diluição do café, mas sim toda a água que foi necessária para que essa xícara de café viesse a existir, desde a plantação dos grãos do café até a xícara.

Por contemplar a soma do consumo de água em toda a cadeia produtiva de um produto ou serviço, a pegada hídrica pode ser considerada uma importante ferramenta de gestão ambiental, por possibilitar rastrear cada etapa da cadeia produtiva e poder determinar qual delas tem um maior consumo de água e buscar estratégias de redução e otimização do seu consumo (ALMEIDA; LOPEZ; ABREU, 2019).

2.1.3 Análise dos Modos de Falha e Efeitos - F.M.E.A (Failure Mode and Effects Analysis)

Para auxiliar no levantamento de dados da presente pesquisa foi realizado o levantamento de informações segundo a metodologia e teoria de mapeamento de

processos, considerando os riscos, oportunidades, aspectos e impactos ambientais. FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) (GU; CHENG; QIU, 2019), que consiste em uma abordagem cujos objetivos são identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas e processos. Os requisitos legais e a adequação às normatizações da área específica da indústria concreteira também foram questionados para observar como cada unidade fabril atende as regulações existentes.

Esta teoria e metodologia foi adotada como estratégia de primeiro contato com as Concreteiras, de maneira que o preenchimento do questionário elaborado foi um fio condutor da construção de um diálogo e relação de pesquisa com os responsáveis técnicos das empresas analisadas. Essa abordagem se provou eficiente por ter servido para iniciar diálogos que conduziram ao ponto central da pesquisa que é o consumo de água na produção do concreto.

FMEA é um sistema que realiza uma auditoria dos processos em busca de falhas potenciais de um sistema ou empresa e possibilita que sejam feitas recomendações para correções e ações preventivas (ASSI, 2019). É uma ferramenta em que é feita a análise de confiança no gerenciamento dos processos de uma cadeia produtiva e sua adequação conforme normas, legislações e procedimentos técnicos. Esta ferramenta é amplamente utilizada por muitos setores da economia, sejam do setor industrial ou de serviços (ZHOU; THAI, 2016).

A FMEA é dividida em duas categorias que são a análise de projetos e análise de processos. A análise de projetos tem por objetivo procurar falhas em projetos e eliminá-las, considerando todos os aspectos de um projeto, como matérias primas, insumos, segurança, manutenção e tempo de manufatura (LOPES et al., 2018). Já a análise de processos tem como objetivo acompanhar e avaliar falhas potenciais nos processos e possibilitar a criação de mecanismos de correção e controle para os mais variados processos e procedimentos dentro das mais variadas empresas, que vão desde processos de relacionamento com fornecedores e clientes até políticas internas de controle de qualidade, e, recentemente, dentro de sistemas de gestão ambientais e de segurança no trabalho (SANTOS; JORGE; CAVIGNAC, 2019).

Na pesquisa executada, a FMEA serviu para apontar os pontos em que os processos estavam diretamente ligados ao consumo de água, pois no preenchimento dos questionários essa questão era sempre comentada e indicou muitas etapas do processo, dentro de uma Usina de Concreto em que o consumo de água não era

considerado, mas que há um fator de influência em seu consumo associado aos processos de mistura, estocagem, manejo e utilização final.

2.2 Concreto como material de construção

2.2.1 Breve histórico

O consumo de concreto é maior que o consumo de alimentos e só perde para o consumo de água (GOMES; MAGALHÃES, 2018). Segundo o USGS³, a produção de cimento em 2019 foi de 4,1 bilhões de toneladas (USGS, 2020). Mehta e Monteiro (2014) estimam o consumo mundial de concreto em cerca de 33 bilhões de toneladas/ano. Tendo em vista o alto volume de materiais e recursos naturais que a mistura para o concreto utiliza, a manutenção de práticas não sustentáveis poderá ter forte influência no meio ambiente, quer seja pela grande extração de minerais, pelo alto índice de emissão de gás carbônico (CO₂) na fabricação do cimento e pelo alto consumo de água potável. Desta maneira, as indústrias de cimento, as usinas de concreto e as mineradoras de brita são setores com atividades de alto impacto para o meio ambiente, e torna-se cada vez mais estratégico que esses setores adotem ações que minimizem seus impactos, alinhados com o conceito de produção sustentável (OLIVEIRA; FARIA, 2019).

O concreto se tornou o bloco construtor da civilização, e é o principal componente de estradas, edifícios e pontes. Há séculos o seu desenvolvimento tecnológico vem permitindo muitos avanços para a humanidade. Para Neville (2016) tornou-se um componente essencial para a civilização moderna. É visto todos os dias em calçadas, ruas, edifícios, casas e pontes. O concreto construiu e constrói a civilização moderna como a conhecemos.

2.2.2 Matérias-primas

O concreto é um material composto, é uma pedra artificial feito de areia, brita, água, cimento e aditivos (Figura 3). Cada ingrediente é fundamental, mas é a composição química do cimento que torna possível a existência do concreto. Neville

³ USGS – United States Geological Survey – órgão ligado ao Departamento do Interior dos Estados Unidos da América, que faz relatórios periódicos sobre a indústria de minerais, entre elas a indústria do cimento.

e Brooks (2013, p. 1) dizem que “na indústria do concreto, o cimento é para o concreto o que a farinha é para o bolo”.

Figura 3: Composição Básica do Concreto



Fonte: Autora (2020)

Para a fabricação do cimento, grandes blocos de rocha são fragmentados e moídos até se transformarem em um pó fino de calcário. Em seguida é misturado com silício, proveniente tipicamente de argila e uma pequena quantidade de minério de ferro. Esse material composto é conduzido para um forno de calcinação, uma imensa caldeira cilíndrica. O forno de calcinação tem até 100 metros de comprimento e atinge uma temperatura superelevada. Conforme o forno gira o material vai se deslocando para as zonas mais quentes. No forno rotativo o material é aquecido a 1500°C e derrete-se parcialmente. Nessa temperatura as moléculas, se quebram e se recombina formando um componente marmorizado chamado clínquer. O clínquer uma vez frio é misturado com gesso e em seguida é reduzido a pó resultando no conhecido cimento Portland (NEVILLE, 2016).

O nome se deve à semelhança que o cimento tem com uma pedra que existe em Portland na Inglaterra. O cimento Portland é um amálgama por excelência. Para criar o concreto, o cimento é misturado com água formando uma pasta e então recebe

areia e brita, também conhecidos como agregados. A água utilizada nessa mistura é chamada de água de amassamento.

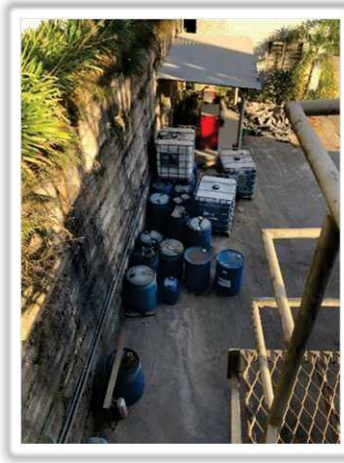
Quando misturados a água e o cimento começa o processo de hidratação, que é químico e as propriedades do material mudam. De um líquido plástico ele passa para o estado sólido. Esse processo combina todos os ingredientes, areia, brita e cimento, criando uma massa consistente que é o concreto (BOLOGNINI, 2016).

As Fotografias 1 e 2 mostram como é feito o armazenamento do cimento a granel e dos aditivos. A Fotografia 3 mostra a baia de carregamento dos componentes do concreto que é misturado em centrais dosadoras no balão dos caminhões betoneira.

Fotografia 1: Silo de estocagem de cimento em concreteira



Fotografia 2: Recipientes de aditivos entregues pelos fornecedores



Fotografia 3: Cabine de carregamento das betoneiras



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

2.2.3 Concreto armado

Em 1850, o cimento Portland era amplamente usado na Europa e foi ali que aconteceu um experimento que mudaria o conceito da construção. A utilização do aço como reforço interno do concreto. Surgiu o concreto armado que é a combinação do concreto com materiais de reforço, geralmente aço, que dá resistência à compressão e à tração (MASUELA, 2017).

A invenção do concreto armado é atribuída ao francês Joseph Monier (BELLIS, 2006), que fazia vasos e banheiras com concreto reforçado com uma malha de ferro. Joseph Monier patenteou a descoberta em 1867, e logo outros construtores começaram a imaginar em que mais utilizar o material. Ao verificar que o vaso era forte, delgado e leve, começaram a imaginar como seriam as paredes de uma casa ou em telhados, de uma catedral, por exemplo. Com projetos detalhados de concreto armado a sua aplicação em estruturas maiores cresceu rapidamente, tornando possível projetos de vigas e colunas esbeltas como nunca haviam sido projetados antes (MARTINS, 2015).

Em engenharia a resistência à tração refere-se à resistência do material a forças que ameaçam rasgá-lo. O concreto, embora substancialmente forte, tem como ponto fraco a baixa resistência à tração. Uma viga de concreto, quando recebe uma carga superior, se não for reforçada, vai rachar facilmente e entrar em colapso, mas se houver uma barra de aço dentro do concreto, a barra de ferro torna-se ativa e suporta uma carga maior do que uma viga sem esse reforço (STEIN; GRAEFF, 2019).

Um fator importante no uso do concreto são as betoneiras que entregam o material pronto. Antes do surgimento das betoneiras era preciso misturar o concreto no canteiro de obras. (COUTO *et al.*, 2015). O concreto compactado é uma mistura de agregados, areia e cimento que é submetido a pressão do peso do compactador. Ele cai do basculante, é acomodado com um rolo e continua assim em camadas de até 30 metros de altura, o tempo de construção diminui com a utilização do concreto compactado. (LIMA *et al.*, 2014).

Atualmente o concreto é um material indispensável na construção civil por sua ampla aplicação. É utilizado em lajes gigantescas para pistas de rodagem, ou pistas de aeroportos, leitos de estradas, seguimentos pré-moldados de pontes ou fundação de prédios de alturas vertiginosas. O processo de usar um material fluido, despejá-lo numa fôrma e usá-lo para suportar edifícios é esperançoso, para suprir as necessidades e expectativas da sociedade moderna (FUSCO, 2008).

O concreto é um elemento que pode fazer uma obra ser um sucesso ou um fracasso. A responsabilidade de quem produz é grande. Há uma maneira correta de realizar cada etapa na produção do concreto. A mistura de cimento, aglomerante, areia, pedra britada e água, ingredientes que devem estar limpos e livres de resíduos. Pode ser produzido manualmente, em caixa, quando o volume é pequeno, na betoneira ou usinado. Quando produzido de forma industrial e entregue na obra sua

resistência depende da proporção entre os materiais utilizados, a dosagem e o traço indicados no projeto de engenharia, essa é a primeira fase de sua produção. A segunda é a mistura, os ingredientes devem se tornar uma massa homogênea com mesma cor e textura. E a terceira fase da produção do concreto é o transporte. O transporte é a forma como concreto chega no local em que será usado, pode ocorrer de caminhão, de carrinho de mão ou bombeado (NEVILLE; BROOKS, 2013).

O lançamento é a colocação do concreto no local de aplicação normalmente em fôrmas, o adensamento e a compactação da massa de concreto dentro das fôrmas com batimentos nas laterais, ou com o uso de um equipamento chamado vibrador mecânico. Não pode haver espaços vazios. A cura é a última fase. É o tempo que o concreto leva para endurecer e ter as características desejadas. O concreto começa a endurecer duas horas e meia após a colocação da água, no entanto sua cura total ocorre em até 28 dias (MEHTA; MONTEIRO, 2014). A preparação do concreto é um processo simples, mas que requer cuidados especiais. O concreto formado na betoneira deve seguir as medidas e o traço de cada componente de acordo com o recomendado em projeto (NEVILLE, 2016).

No mundo inteiro quase sete milhões de pessoas nascem todos os meses e vivem em grandes cidades. Para construir moradias e infraestrutura para esses novos moradores, que seria o equivalente a uma cidade de Nova Iorque todo mês será preciso de muito concreto. O excesso de produção de concreto está sendo prejudicial ao planeta pela manufatura tradicional do cimento, que constitui a principal causa desse impacto negativo. Por ser o componente que liga os demais ingredientes do concreto é um produto de grande importância, mas a sua obtenção é responsável por uma elevada dispersão de dióxido de carbono (CO_2), gás nocivo à atmosfera sendo um dos causadores do efeito estufa (FORMIGONI *et al.*, 2019).

Com o aquecimento do Calcário (CaCO_3) para a produção do cimento há a emissão do dióxido de carbono (CO_2). O calcário se transforma quimicamente em cal (CaO) que quando agregado com outros materiais como argila, por exemplo, produz o cimento. Esse processo também elimina dióxido de carbono (CO_2) que será liberado diretamente na atmosfera. Na maioria dos processos industriais a energia utilizada para as máquinas funcionarem é fonte de dióxido de carbono (CO_2), mas na produção do cimento, quando o calcário se quebra, é liberado mais CO_2 do que todas as partes juntas. No total para cada tonelada de cimento que é produzido quase uma tonelada de CO_2 é lançado na atmosfera. Atualmente o cimento é responsável por 8% das

emissões de CO₂. Enquanto a produção de concreto continuar crescendo essas emissões só irão aumentar (MANCIO; KIRCHHEIM; MASUERO, 2011).

Além da grande emissão de CO₂ outra fonte causadora de impactos negativos ao meio ambiente na produção de concreto é o consumo de areia. Presente em todos os lugares do planeta a areia é utilizada na produção de computadores, papel, vidros e cosméticos, entre outros, mas o setor que mais consome a areia é o setor da construção civil (VALPORTO; AZEVEDO, 2016).

Com a crescente urbanização mundial a demanda pelo consumo de areia cresce vertiginosamente, a China utiliza a cada ano um quarto da areia do planeta e Dubai esgotou os seus recursos de areia para execução de seus grandes projetos. As fontes de areia natural levam milhares de anos para se renovarem. A areia de pedreira também está se esgotando e a extração no leito dos rios pode provocar inundações o que tem conduzido que muitos estados e municípios tenham restrições com relação a sua retirada. A dragagem em alto-mar é responsável por destruir ecossistemas marinhos, e quando realizada muito perto da costa pode ter como consequência a retração das praias. Muito finas e redondas as areias dos desertos não podem ser usadas na construção civil, enquanto isso dois terços das praias do mundo estão desaparecendo (RAMADON, 2018).

Com a alta demanda por areia pela construção civil os preços do produto também sobem. Existe uma disputa mundial pelo direito de extração da areia. Do Marrocos a Índia, e de Serra Leoa a Singapura, 75 milhões de toneladas de areia são roubados a cada ano. Uma solução para o consumo da areia na construção civil é o desenvolvimento de tecnologias capazes de substituir esse material por meio do reaproveitamento de resíduos tais como vidro moído ou resíduos de construção civil, entre outros (HIGUCHI, 2018).

2.3 Tipos de concreto

Cada tipo de concreto é específico para uma ocasião de construção. Há ocasiões, por exemplo, em que é preciso atingir uma elevada resistência do concreto em poucos dias, há outras ocasiões em que o concreto deve ser o mais simples possível para diminuir os custos. O fato é que na construção civil há inúmeras situações em que se podem utilizar diferentes soluções para o concreto. Inicialmente

podemos dividir os tipos de concreto em dois grandes grupos com relação a produção: o concreto virado na obra e o concreto usinado (SCATOLIN *et al.*, 2019).

O termo virado na obra para designar o primeiro tipo de concreto é uma forma de dizer que esse concreto é misturado no próprio canteiro. Costuma-se misturar e homogeneizar o concreto nos próprios carrinhos de mão, utilizando pás e enxadas, também com as conhecidas betoneiras elétricas. Esse tipo de concreto é indesejável visto que a dosagem não é feita de forma precisa, prejudicando a sua homogeneidade e perdendo muito material, devido a forma inadequada de estocagem dos materiais, que são expostos a intempéries e, devido a dosagens incorretas. Porém em algumas situações, como na construção de casas populares em que o concreto usinado reflete um aumento significativo dos custos da obra, o uso desse tipo de concreto, virado na obra é o mais comum (MENEZES *et al.*, 2013).

Já o concreto dosado em central, ou concreto usinado é aquele em que a dosagem é feita nas usinas de concreto⁴ para então ser transportado para a obra. O concreto feito em usina concreteira tem a dosagem precisa e como resultado pode atingir índices de resistência maiores que o virado na obra. Esse tipo de concreto está presente na maioria das obras civis brasileiras. Os dois tipos de concreto mais utilizados no Brasil têm características técnicas de resistência muito semelhantes, variando de 10 MPa a 40 MPa. Apesar de serem bastante distintos e utilizados em situações bem diferentes (MANGE; SILVA; MIRANDA, 2018).

O concreto convencional é aquele de consistência seca que deve possuir um cuidadoso adensamento e que é transportado por meio de guias e elevadores, esse concreto possui boa durabilidade e qualidade. Utiliza-se esse concreto em obras de pequeno porte, pois o transporte dos materiais é fácil e não é preciso um número excessivo de trabalhadores (NEVILLE, 2016).

Outro concreto utilizado no Brasil é o concreto bombeável que possui como diferença o seu transporte por meio de uma bomba e sua maior fluidez. Essa fluidez é necessária para que o concreto passe por tubos para ser transportado para pavimentos mais altos. Esse tipo de transporte é necessário em obras bastante verticalizadas de difícil transporte dos materiais. Isso tudo garante a diminuição de

⁴ As centrais dosadoras possuem maquinário em que a mistura é automatizada e controlada em sua dosagem. Nelas o concreto é misturado dentro do balão do caminhão betoneira, é o sistema mais utilizado no Brasil. Há as centrais misturadoras em que a mistura é feita em um balão próprio para depois o concreto ser despejado em caminhões de transporte, não sendo necessário o uso de caminhões betoneira (NEVILLE; BROOKS, 2013).

mão-de-obra com o adensamento do concreto, pois ele possui elevada fluidez. Com isso aumenta a trabalhabilidade, além de garantir que o concreto seja produzido de forma mais rápida pois a bomba deve possuir uma grande vazão (VIEIRA, 2017).

O concreto de alta resistência inicial atinge uma resistência alta em pouca idade podendo dar mais velocidade para a obra ou ser utilizado em situações emergenciais de reforço estrutural. Muito utilizado nas indústrias pré-fabricadas, esse concreto possibilita desenformar as peças pré-fabricadas em pouco tempo, gerando um aumento significativo na fabricação das peças devido à alta produtividade e diminuindo a mão-de-obra necessária para produzir o mesmo número de peças. O traço do concreto deve ser bem formado, para que os aditivos de cura rápido sejam incluídos nesse tipo de concreto previamente (SOUZA; CARVALHO, 2017).

Já o concreto de alta resistência é obtido a partir de aditivos que possibilitam grande redução na relação água/cimento (a/c) da mistura e, conseqüentemente aumentam a resistência. Assim é possível atingir resistências que chegam a 80 MPa ou mais, esse tipo de concreto é muito utilizado em obras especiais, obras como construção de torres eólicas de concreto, por exemplo. Essas torres consistem em peças de concreto de alta resistência, que são montadas de forma a garantir todas as especificações estruturais de uma torre eólica com uma estrutura metálica (RECENA, 2017).

Outro tipo de concreto é o concreto autoadensável. É obtido com dosagem específica e a adição de aditivos superplastificantes e modificadores de viscosidade, que garantem alta fluidez e plasticidade ao concreto. Quando esse concreto é despejado nas fôrmas utiliza unicamente seu peso para passar pelas armaduras, minimizando a ocorrência de vazios e falhas de concretagem. Além disso esse concreto pode ser classificado como autonivelante devido as suas características (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

2.4 Agregados

Segundo Mehta e Monteiro (2014), o concreto é o segundo material mais consumido no mundo ficando atrás somente da água. Até 75% do volume do concreto pode ser constituído por agregados. Os agregados dão volume ao concreto e contribuem para diversas propriedades do material.

Os agregados podem ser utilizados para diversas finalidades, argamassas, concreto asfáltico, base asfáltica, base de brita graduada, lastro de ferrovias entre outros. Podem ser classificados de diversas formas. As mais comuns são de acordo com o seu tamanho, ou seja, pela sua granulometria, são divididos em agregados graúdos e agregados miúdos. Os agregados miúdos possuem grãos entre 0,15mm e 4,8 mm de diâmetro. Os agregados graúdos possuem grãos entre 4,8mm e 76mm. Como exemplo de agregado graúdo existem a brita e os cascalhos. Os agregados também podem ser classificados de acordo com a sua massa específica e sua origem (LA SERNA; REZENDE, 2009).

2.4.1 Agregado Graúdo

Para Luz e Sampaio (2012) a pedra britada, ou brita é um tipo de agregado proveniente da diminuição de uma rocha por meio de explosivos e britadores. O processo de produção da brita é relativamente simples, a rocha da jazida é perfurada para a colocação de explosivos, também conhecida como desmonte. Após a fragmentação pela ação da explosão ocorre o carregamento dos fragmentos de rocha por meio de caminhões até o britador primário onde esse material será triturado, o que passar pelo britador primário será rotulado de pulmão primário. Segundo Luz *et al.* (2018) dependendo da granulometria que se deseja obter as britas podem ser passadas várias vezes pelos britadores.

Segundo Luz e Sampaio (2012), a diminuição dos blocos de rocha devem ser bem controladas. Quando os blocos ficam muito grandes a ponto de não serem de fácil transporte é preciso romper esses blocos. Esse processo é feito por um rompedor hidráulico. Curtis Neto (2019) recomenda que a pedreira esteja localizada perto da jazida para que se economize no custo do transporte e diminua a emissão de CO₂ pelos caminhões.

2.4.2 Agregado miúdo

A areia é um tipo de agregado miúdo que pode ser proveniente de várias fontes, como rios ou depósitos naturais. Quando a areia natural é proveniente de rios é denominada de areia lavada, quando extraída do subsolo é denominada de areia de cava ou areia rosa. São materiais granulados e inertes, com o diâmetro entre 0,074

mm até 4,8 mm, formados a partir de minerais como quartzo, calcário ou gnaiss, dentre outros. A areia entra na composição de argamassas e concretos, preenchendo os espaços vazios entre o cimento e a brita (no caso de concreto), com o objetivo de obter resistência, durabilidade e ainda gerar economia (LUZ; ALMEIDA, 2012).

É um dos materiais mais utilizados no setor da construção civil. Sua aplicação vai desde ser um dos componentes do concreto até fazer parte da massa do acabamento das construções. Por ser um produto utilizado em grande escala é consumido praticamente em todo o país. Sua extração é proveniente dos muitos rios do país. Nos últimos dez anos a exploração desse recurso natural prejudica o meio ambiente, causando assoreamento dos rios e diminuição da população de peixes, bem como a poluição gerada pelo funcionamento das dragas de extração que são movidas a óleo diesel (RAMADON, 2018).

As Fotografias 4 a 6 mostram como é feita a estocagem dos agregados graúdos e miúdos nas Usinas.

Fotografia 4: Pedra Britada



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 5: Estocagem de Agregados miúdos



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 6: Baias de Agregados miúdos



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Para Souza (2015), devido às restrições ambientais, as fontes licenciadas de areia natural estão ficando cada vez mais distantes dos centros urbanos, aumentando o custo de transporte. Em certos casos o custo de transporte é maior do que o custo do próprio material.

2.4.3 Areia britada (Agregado miúdo)

De acordo com Recuero (2016) a areia britada também conhecida como areia artificial é proveniente da britagem da pedra. No passado a areia de britagem era classificada como um resíduo e era descartada. Nos últimos anos com a escassez da areia natural, cada vez mais distante dos centros urbanos, a areia britada começou a ser bastante utilizada para a confecção de concretos. A areia britada é geralmente mais barata do que a areia de rio e de certa forma um pouco mais favorável ao meio ambiente.

Em relação a parte técnica a areia de britagem exige ser manuseada com alguns cuidados. Por conta do processo de britagem seus grãos acabam se tornando ásperos e angulosos. Com uma textura mais áspera que proporciona uma pior trabalhabilidade ao concreto. Com a areia de britagem o concreto fica menos fluido do que ficaria com a areia natural. Essa característica que a areia de britagem irá atribuir ao concreto pode ser corrigida e controlada com um estudo de traços, não sendo necessariamente um problema (HAMMES *et al.*, 2018).

As Fotografias 7 a 9 mostram a areia de britagem estocadas nas Usinas 3 e 1;

Fotografia 7: Areia de britagem – Usina 3



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 8: Areia de britagem – Usina 3



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 9: Areia de britagem – Usina 1



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A areia industrial, outro nome da areia de britagem ou artificial é um subproduto do processo de britagem de rochas para a construção civil e vem substituindo cada vez mais a areia natural retirada do leito dos rios. Países da Europa e Estados Unidos já adotam a substituição desde a década de 1970. Devido a necessidade do mercado e a escassez da areia natural. A produção da areia de britagem vem sendo aprimorada

para se obter uma melhor qualidade do produto e aumentar a produção para suprir o mercado consumidor (PERÁCIO *et al.*, 2019).

O uso da areia artificial além de proporcionar mais resistência e durabilidade, proporciona economia também. Como a areia industrial apresenta uma maior aderência, a resistência dela é maior podendo reduzir em torno de 10% a utilização de cimento (PISSOLATO JUNIOR, 2016). Para utilizar corretamente a areia artificial, o controle tecnológico desse material deve ser feito de forma rigorosa com o objetivo de reduzir a permeabilidade e o acesso de gases que causam a corrosão nas armaduras colaborando para melhorar a resistência do concreto por deixá-lo mais coeso, rígido e fechado (DUTRA, 2015). É comum que a areia britada apresente muito pó, um pó fino denominado *filler*, ocasionando em alguns casos um maior consumo de água para a produção de concretos (BARBOSA, M. S. *et al.*, 2019).

2.5.3 Outros agregados

Outros agregados do concreto podem ser o cascalho, a argila expandida e a vermiculita expandida. O cascalho é um tipo de agregado com tamanho variável, ele é encontrado em sedimentos de rios. Os grãos são arredondados pelo movimento das águas, pois ao rolar no fundo dos rios e são atritados com outros materiais fazendo com que percam as suas arestas (LIMA, F. 2013).

A argila expandida, muito utilizada em jardins, também pode ser utilizada para a produção de concretos. É um agregado leve que apresenta formato circular. Esse agregado é obtido pela queima de certas argilas naturais em fornos a altas temperaturas que ultrapassam cerca de 1000°C, com esse processo a casca da argila expandida se torna rígida e seu interior cheio de poros vazios. São justamente esses poros que dão leveza ao material e o transformam em um excelente isolante acústico e térmico (ANGELIN, 2014). A argila expandida pode ser utilizada para concretos leves e solto como isolante térmico em telhados, além de na maioria das vezes ser utilizado em jardins para paisagismo.

A vermiculita é um material abundante no Brasil, quando aquecido de forma semelhante ao que ocorre com a argila expandida, se torna leve por conta das bolsas de ar em seu interior. É utilizada em argamassas leves e também como isolante acústico e térmico (FRANÇA *et al.*, 2016).

2.5 Água de amassamento

A água utilizada para a produção do concreto é chamada de água de amassamento e a NBR 15.900-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009a) especifica quais são os requisitos para que a água seja considerada adequada para o preparo do concreto. A norma diz que a água potável pode ser utilizada sem restrição para a preparação de concreto. Também especifica os outros tipos de água que podem fazer parte do preparo do concreto, mas com a necessidade de ensaios para determinar sua adequação ao uso conforme os teores de contaminantes e outras substâncias não apropriadas para o amassamento do concreto conforme NBR 15.900-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b).

Fotografia 10: Tanque de armazenamento de água Usina 3



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 11: Armazenamento de água Usina 3



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

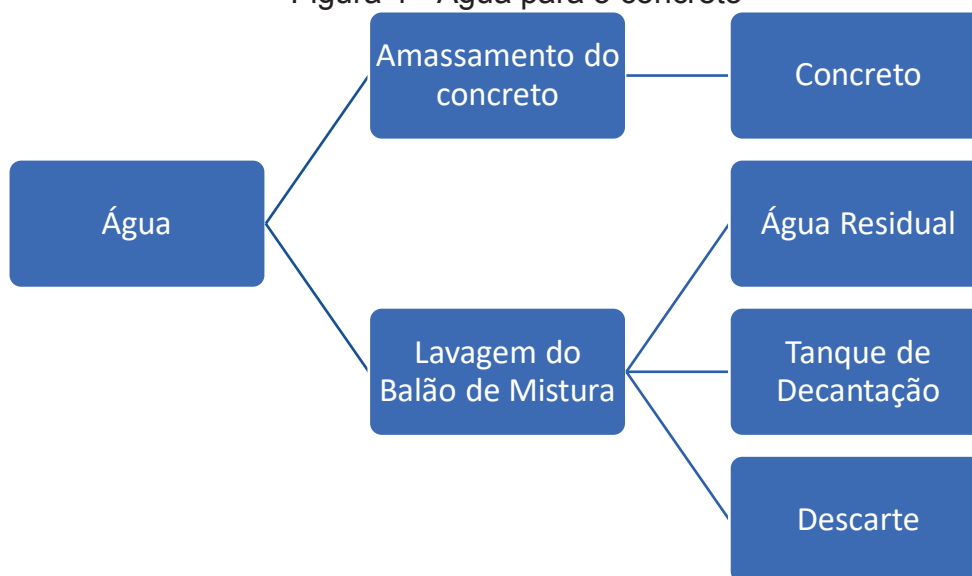
Fotografia 12: Tanques de armazenamento de água Usina 3



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A água para o concreto, chamada de água de amassamento, nas centrais estudadas é obtida a partir de fontes naturais, em especial, de poços artesianos, que são aferidos pelas agências regionais de água, são, normalmente, armazenadas em tanques e caixas de água (Fotografias 10 a 12). A água captada das chuvas pode ser usada, desde que seja analisada segundo a norma NBR 15.900-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009b), por conta dos custos para análise de seu uso as Concreteiras não costumam utilizar esse tipo de água com frequência.

Figura 4 - Água para o concreto



Fonte: Autora (2020)

Além do uso para o amassamento do concreto a água também é utilizada para a lavagem do cilindro de mistura do caminhão betoneira e essa água, suja, é descartada em tanques de decantação para que os componentes sólidos do resíduo da mistura do concreto sejam separados por gravidade da água e só após algum tempo, quando o pH da água se normaliza e os compostos químicos, ou evaporam ou decantam para o fundo dos tanques, é que a água pode ser lançada na natureza, mediante aprovação dos órgãos reguladores (PAULA; ILHA, 2016). Os materiais que se depositam no fundo dos tanques de decantação são retirados periodicamente, de acordo com a sua capacidade, com o auxílio de escavadeiras e transportados para aterros.

Fotografia 13: Tanque de decantação de água servida do concreto



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 14: Tanques de decantação de água servida do concreto



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 15: Decantação de água servida do concreto



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

As Fotografias 13 a 15 apresentam imagens dos tanques de decantação da água de lavagem dos caminhões betoneira e sua organização seja para reuso ou descarte dentro dos padrões de lançamento para serem devolvidas a mananciais de água (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA, 2011; CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2017, 2020)

3 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa é um dos elementos mais importantes em qualquer trabalho científico. A adequada escolha do método de pesquisa garante a qualidade do trabalho. A condução criteriosa segundo os parâmetros das diferentes metodologias é capaz de determinar os resultados da pesquisa e direcionar as conclusões dos pesquisadores. O desenvolvimento do estudo científico, a experiência na prática, a vivência cotidiana somados à experiência teórica possibilita ao pesquisador escolher qual ou quais metodologias são mais apropriadas para cada problema da pesquisa. As leituras e estudos obtidos ao longo da vida acadêmica são o embasamento para a construção de argumentações sobre as observações realizadas durante o curso da pesquisa. Nesse processo estão relacionados o planejamento, o conhecimento e a adequação das normas científicas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa é um procedimento sistematizado que compreende as seguintes etapas: definição do tema, formulação do problema, determinação de objetivos, justificativas, fundamentação teórica, metodologia, coleta de dados, análise e discussão dos resultados, redação e apresentação da pesquisa (MORESI, 2003). Para Gerhardt e Silveira (2009) as pesquisas podem ser classificadas quanto: à natureza da pesquisa, (básica ou aplicada); à abordagem do problema (qualitativa, quantitativa ou qualitativa/quantitativa); à realização dos objetivos (descritivo, exploratório ou explicativo) ou aos procedimentos técnicos (biológico, documental, levantamento, estudo de caso, participante, pesquisa ação, experimental).

O objetivo da análise é reunir informações de forma coerente e organizadas visando responder o problema da pesquisa. A interpretação proporciona um sentido mais amplo aos dados coletados, relacionando-os entre si. Essa etapa pode ser de caráter quantitativo e qualitativo, utilizando várias técnicas para o tratamento dos dados (MARCONI; LAKATOS, 2017)

A pesquisa bibliográfica, é uma preocupação sempre presente em todos os trabalhos acadêmicos por conta da existência de grandes bancos de dados na internet e pela profusão de revistas científicas, congressos, seminários e livros que estão disponíveis para qualquer pesquisador. Essa grande oferta de informação deve ser equacionada pelo pesquisador com a escolha criteriosa de quais artigos e textos são

os mais adequados para formar a base da argumentação teórica fundamental para construir os textos acadêmicos (GIL, 2002).

3.1 Estratégia de pesquisa

Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizados estudos de caso no Estado do Rio Grande do Sul no período de 2019 a 2020. Segundo Yin (2015) estudo de caso é uma investigação sobre um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre os fenômenos e o contexto não estão claramente definidos.

A investigação com estudo de caso é uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidência, com os dados precisando convergir para um determinado objetivo. Beneficia-se do desenvolvimento prévio de posições teóricas para conduzir a coleta e a análise dos dados (YIN, 2015).

O estudo de caso como estratégia de pesquisa compreende um método que abrange tudo com uma lógica de planejamento, incorporando abordagens específicas a coleta de dados e a análise dos dados. Nesse sentido o estudo de caso não é uma tática para a coleta de dados e não é uma característica de planejamento por si mesmo, mas sim uma estratégia de pesquisa mais abrangente (BRANSKI; FRANCO; LIMA JR., 2010).

A utilização do estudo de caso para o desenvolvimento desse trabalho tem os seguintes objetivos: explorar situações de vida real cujos os limites não estão claramente definidos, preservar o caráter unitário do objeto estudado, descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, formular hipóteses ou desenvolver teorias, explicar as variáveis que causam determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos (GIL, 2002).

A pesquisa de campo é uma das etapas da pesquisa científica que busca evidências que possam corroborar ou refutar a hipótese, com a busca de informação e conhecimento que está intimamente relacionada com o problema da pesquisa. Em campo serão verificados os fatos e os fenômenos da forma como eles se manifestam.

A pesquisa de campo propriamente dita não deve ser confundida com a simples coleta de dados, é algo mais que isso, pois exige parâmetros de controle adequados

e objetivos preestabelecidos que discriminam suficientemente o que deve ser coletado. (TRUJILLO FERRARI, 1982 p. 229)

Na presente pesquisa foi utilizada a ferramenta FMEA que considerou os conceitos de conformidade, não conformidade na configuração de atendimento ou não no que se refere a potencialidade de haver um consumo eficiente de água segundo a normatização vigente em seis normas regulatórias:

- NBR 12655 - Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a);
- NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984);
- NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019);
- MTE – NR 25 - Resíduos Industriais (BRASIL, 2016);
- NBR 14001 - Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015b).

Para cada norma foi feito um questionário que foi respondido pela empresa entrevistada, e para cada resposta foram indicados conceitos de conformidade e não conformidade para o consumo de água. Como alguns itens existentes nas normas não são considerados como exigências legais e não implicam penalidades, estes questionários e sua tabulação têm como principal objetivo esclarecer as práticas implementadas pelas empresas Concreteiras de forma a compreender se elas atuam o mais próximo da normatização ou não, e servirão de pontos de sugestão para melhorias de suas atividades para uma melhor conformidade com as normas regulatórias existentes (GERAMIAN et al., 2019).

Associada à pesquisa de campo, os dados coletados foram organizados e tabulados para buscar os fatores de maior impacto no consumo de água. Para tal foi utilizada a metodologia do coeficiente de determinação (R^2). O coeficiente de determinação (R^2) (QUININO; REIS; BESSEGATO, 2013) é uma proporção da variação na variável dependente que é prevista nas variáveis independentes. Este coeficiente é utilizado, principalmente, na previsão de valores futuros e, em tese, de hipóteses. Fornece uma medida de quão bom os resultados foram replicados pelo modelo, baseado na proporção da variação total dos resultados explicados pelo modelo. Normalmente varia entre 0 e 1. Um valor de R^2 igual a 1 significa que os

resultados são completamente explicados pelo modelo. Há situações em que este valor pode ser negativo, dependendo da definição utilizada (PALA, 2019).

3.2 Objetos de estudos

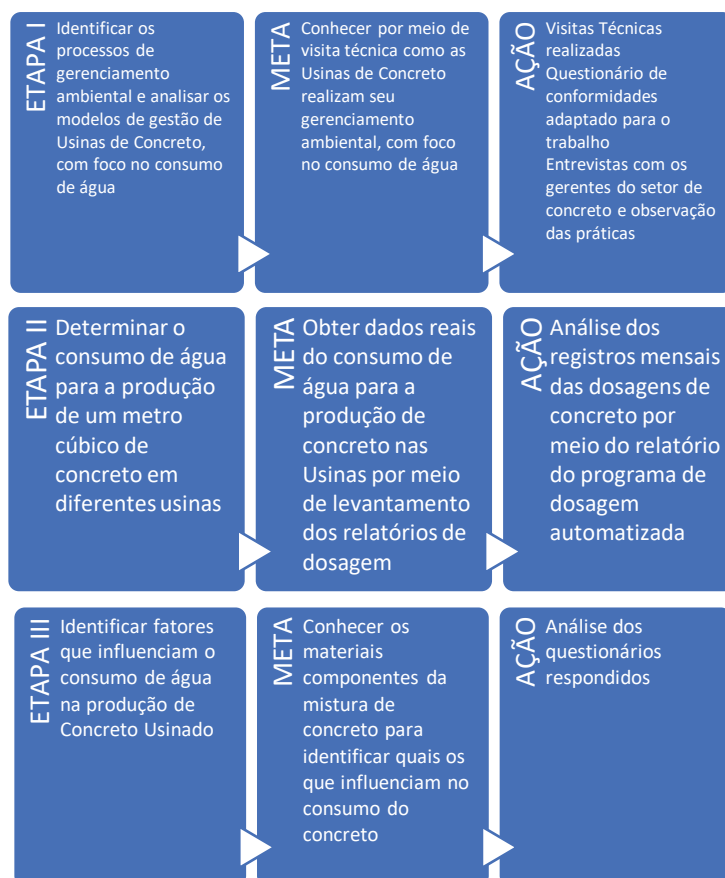
Foram utilizados como objetos de estudos três Usinas de Concreto no estado do Rio Grande do Sul, localizadas nos municípios de Bento Gonçalves, Gravataí e Porto Alegre. As usinas estudadas foram selecionadas a partir de contatos com seus administradores para obter seu consentimento e cooperação com a pesquisa, bem como buscar abarcar diferentes regiões e situações de manejo e gerenciamento das unidades fabris para obter o maior escopo possível dos fatores influenciadores do consumo de água para o amassamento do concreto e para conhecer o perfil de cada Usina de concreto com relação à maneira com que tratam do uso e aproveitamento da água.

3.3 Delineamento da pesquisa

A pesquisa realizada ao utilizar a metodologia do estudo de caso permite que a investigação tenha parâmetros definidos mesmo que possua uma grande abrangência com relação aos processos fabris a serem estudados (YIN, 2015).

Para o presente trabalho de pesquisa estas questões foram respondidas com a sistematização de três etapas de pesquisa que aconteceram ao longo de sucessivas visitas técnicas durante o período estudado. As 16 visitas técnicas foram realizadas nas três etapas de pesquisa.

Figura 5: Delineamento da Pesquisa



Fonte: Autora (2020)

3.3.1 Etapa I – Identificar os processos de gerenciamento ambiental das Concreteiras, com foco no consumo de água:

Para analisar os processos de gerenciamento ambiental das Concreteiras foi necessário conhecer *in loco*, isto é, visitar as Usinas, para conhecer as práticas de gerenciamento ambiental existentes em cada Usina, com foco nas práticas que envolvem o consumo de água. Para essa etapa foram feitas visitas técnicas de campo em datas sequenciadas em que foram feitas entrevistas com os gerentes técnicos sobre essas práticas com auxílio de um questionário (APÊNDICES A, B e C) de conformidades segundo Normas de gerenciamento de empresas Concreteiras e gerenciamento ambiental.

O questionário de conformidades foi elaborado com base no formulário FMEA (SILVA; FILHO, 2019) adaptado para esse trabalho. As adaptações foram referentes a observar as normas de gerenciamento de empresas Concreteiras e gerenciamento

ambiental e verificar quais alíneas das normas consultadas (NBR 12655; NBR 7211; NBR 7212; TEM NR 25; NBR 14001) impactam no consumo de água.

O questionário foi elaborado para ser respondido pelos gerentes de operação de cada central dosadora contendo duas possíveis repostas: 1) em Conformidade com conservação de água; 2) em Não Conformidade com conservação de água. Os índices de Conformidade e Não Conformidade foram tabulados para cada Norma, e analisados para verificar se as práticas e processos estão condizentes com a conservação da água.

O primeiro questionário foi sobre as práticas com relação ao manuseio dos componentes do concreto e o controle de qualidade deles. O segundo questionário abordou os processos de fabricação e entrega do concreto. O terceiro questionário foi sobre o manuseio e estocagem dos agregados do concreto (areia, brita e aditivos). O quarto questionário tratou de conhecer os procedimentos para tratamento e descarte de resíduos provenientes da produção do concreto com ênfase no cuidado com a água utilizada. O quinto e último questionário buscou entender se as Concreteiras mantêm um programa de gestão ambiental e como ele está elaborado com relação ao consumo de água.

As respostas dadas pelos gerentes técnicos de cada central dosadora foram então registradas e marcadas como em conformidade quando havia economia de água ou como em não conformidade quando havia gasto de água. Os questionários foram preenchidos durante as visitas técnicas na forma de entrevista dirigida em que a pesquisadora realizou perguntas do questionário e registrou as respostas dos responsáveis técnicos, no formulário elaborado.

A elaboração do questionário auxiliou quanto ao objetivo da pesquisa que é detectar os prováveis fatores de influência no consumo de água na produção do concreto usinado. Por conta do objetivo traçado, as questões focaram na observância do impacto que as práticas cotidianas das Concreteiras causam neste consumo. As boas práticas, como reuso de água, dosagem adequada do concreto e observação das cartas de traço e limpeza consciente dos caminhões betoneiras foram abordados para levantar quais os elementos dentro da cadeia produtiva do concreto tem maior ou menor impacto no consumo de água.

Com as entrevistas e as visitas foi possível conhecer a realidade da atividade concreteira. Como exemplos dos conhecimentos obtidos nas visitas técnicas podem ser elencados o conhecimento dos tipos mais solicitados e fornecidos de concreto,

que determinam um tipo de mistura; os tipos de agregados graúdos e miúdos que as Usinas utilizam; a frequência e tipo de aditivos incorporados à mistura do concreto; o procedimento de dosagem de concreto com sistemas automatizados e lavagem dos caminhões betoneiras durante entregas e no fechamento do dia, entre outras atividades abordadas neste trabalho.

Essas informações foram importantes para analisar os fatores de impacto de consumo de água na produção do concreto de cada Usina. Mesmo que esse estudo não seja um comparativo, pois cada Usina possui um perfil diferente, com relação a tamanho, clientela e localização, conhecer as características dos concretos entregues aos clientes foi importante para, em cada uma delas, analisar quais elementos da receita impactam no consumo de água.

Conhecer os tipos de concreto mais produzidos pelas Usinas é uma questão importante nesse trabalho para determinar se existe algum tipo de concreto que aumenta ou diminui o consumo de água em sua produção.

3.3.2 Etapa II – Determinar o consumo de água para a produção do concreto:

Nessa etapa o objetivo foi estimar o consumo de água das Concreteiras estudadas por meio dos registros existentes na central dosadora que é o programa automatizado de dosagem de concreto. Durante as visitas técnicas feitas nessa etapa foi possível conhecer os programas de cada Usina. Esses programas são diferentes para cada Usina, pois existem diferentes fornecedores do sistema, que guarda os dados de cada carga (enchimento de um caminhão betoneira de no máximo 9 metros cúbicos de volume) com a quantidade em peso dos componentes da mistura e em litros da água utilizada conforme as características especificadas pelo gerente técnico em atendimento ao pedido realizado pelo cliente. Os relatórios são armazenados no sistema das Usinas Concreteiras. Nesta etapa foram solicitados, de cada Usina, dados referentes à produção de concreto no primeiro semestre de 2019. Com esses dados foi possível conhecer o volume de concreto produzido juntamente com o volume de água utilizada para o amassamento uma vez que os relatórios do sistema detalham a quantidade de cada elemento da mistura.

Os resultados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos que permitiram realizar um comparativo do consumo mensal e semestral de água das usinas.

Foram pesquisados o volume, em metro cúbico, da produção de concreto de cada usina referente ao primeiro semestre de 2019. O consumo de água da usina para a limpeza dos caminhões betoneira e bomba de lançamento, ou seja, a água de limpeza referente ao primeiro semestre de 2019 foi calculado por levantamento em litros por lavagem de cada veículo. Esses valores foram obtidos por amostragem de um caminhão, por não haver mecanismos e/ou equipamentos nas usinas para quantificar esse tipo de água com exatidão. Em cada lavagem de caminhão, além do balão de mistura, que tem capacidade para 9 m³ de concreto, também é lavada a parte externa, que inclui os pneus, funil de carga, tubo de despejo do concreto e corpo externo do cilindro. As usinas Concreteiras utilizam a água de poço artesiano para a lavagem dos caminhões no seu retorno das entregas e preparo para nova carga e a vazão dessa água não possui registro exato por lavagem. O consumo total do poço artesiano é registrado, mas é o valor de consumo geral de água dentro das instalações que servem para muitos usos.

Por conta disso, no presente trabalho, foi realizada a quantificação da água utilizada na limpeza de um caminhão betoneira por meio de uma amostra que consistiu no acompanhamento da lavagem e despejo da água utilizada na lavagem de um caminhão, que foi considerado como padrão para todas as centrais dosadoras, em um recipiente. O recipiente era um reservatório utilizado para guardar aditivos que foi fornecido pela gerência de uma das usinas estudadas (Fotografia 16) com volume de 300 litros e o resultado deste experimento serviu como base para o cálculo do consumo médio de água de limpeza após o levantamento do fluxo de movimentação dos caminhões de todas as usinas ao longo do período estudado. Os resultados obtidos foram organizados em tabelas e elaborados gráficos que permitem o comparativo de consumo mensal e semestral de água entre as usinas.

Fotografia 16: Modelo de recipiente utilizado para a quantificação da água de lavagem dos caminhões



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

É possível quantificar a água de dosagem e a quantidade produzida de concreto porque esses materiais são misturados por um sistema automatizado que calcula a proporção de materiais necessários para confeccionar o traço de concreto de acordo com o solicitado pelo cliente e cada carga é guardada no banco de dados do sistema e pode ser consultada pelo engenheiro responsável.

A maioria das atividades do ciclo de vida do concreto demanda quantidades significativas de água. No entanto, geralmente apenas a água para a mistura do concreto é medida. Às vezes, mesmo essa água não é medida com precisão, pois parte dela vem dos agregados, mas as Concreteiras não sabem a quantidade exata. No amassamento final, na obra, a água é adicionada até que o concreto atinja a densidade desejada, e como resultado essa água não está contabilizada na carta de traço, já que parte da água necessária de acordo com o projeto da mistura vem como umidade dos agregados⁵. (MACK-VERGARA, 2019 p.14)

As águas utilizadas para a lavagem dos caminhões betoneiras e bombas de lançamento são depositadas em grandes tanques de decantação, entretanto esses tanques não possuem mecanismos de medição de seu volume. Vale lembrar que todos os caminhões são lavados após retornar das entregas em obras. Isso dificulta ainda mais um controle de quantificação de consumo de água para este fim, uma vez que há variação do número de entregas a cada dia.

⁵ Tradução Livre

3.3.3 Etapa III – Fatores de influência no consumo de água para a produção de concreto:

Para identificar os fatores que influenciam no consumo de água para a produção do concreto foram analisados os questionários feitos na etapa I com os dados obtidos na etapa II e a partir da análise dos resultados de volume de produção de concreto, consumo de areia, aditivos, cimento, agregados e água em conjunto com as respostas dadas pelos gerentes técnicos aos questionários foi possível, com o método dedutivo, apontar quais elementos da composição do concreto demandam maior quantidade de água, aumentando o seu consumo e quais auxiliam na economia de água, como é o caso de alguns aditivos. Nesta etapa as visitas técnicas serviram para preencher as lacunas dos questionários e consolidar os dados de consumo coletados.

Foram solicitadas informações referentes a cada usina pesquisada que colaboraram com a compreensão do funcionamento da linha de produção, materiais utilizados regularmente e suas quantidades no período referente ao primeiro semestre de 2019. Esses dados serviram para caracterizar as usinas pesquisadas com relação aos concretos produzidos e seus componentes para obter gráficos de dosagem e identificar e justificar os fatores de influência no consumo de água na composição do concreto.

3.3.4 Visitas técnicas

As Visitas técnicas de campo foram um fator metodológico fundamental para a análise dos resultados uma vez que o acesso às Usinas e os esclarecimentos fornecidos sobre as características do processo de produção do concreto compuseram um referencial empírico significativo para a pesquisa.

Figura 6 : Visitas técnicas realizadas para a pesquisa





Visita Técnica 9

- 26/07/2019
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de água de amassamento consumida nos meses de abril, maio e junho de 2019.



Visita Técnica 10

- 29/07/2019
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de água de amassamento consumida nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2019.
- Contagem e levantamento do consumo da água de lavagem dos caminhões betoneira



Visita Técnica 11

- 15/08/2019
- Contagem do fluxo de caminhões betoneira que retornavam de obras e eram lavados
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de água de amassamento consumida nos meses de abril, maio e junho de 2019.



Visita Técnica 12

- 16/08/2019
- Visita para conhecimento de campo
- Apresentação do projeto ao gerente técnico
- Tomada de decisões



Visita Técnica 13

- 23/08/2019
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de cimento consumido
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento do consumo de aditivo
- Aplicação do questionário de conformidade da NBR 12655 e NBR 7212 (Apendice A e B)



Visita Técnica 14

- 26/08/2019
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de agregado graúdo consumido
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de agregado miúdo consumido
- Aplicação do questionário de conformidade da NBR 7211 e NR 25 e NBR 14001 (Apendice C, D e E)



Visita Técnica 15

- 21/11/2019
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de água de amassamento consumida nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2019.
- Contagem e levantamento do consumo da água de lavagem dos caminhões betoneira



Visita Técnica 16

- 22/11/2019
- Contagem do fluxo de caminhões betoneira que retornavam de obras e eram lavados
- Acesso ao sistema de dosagem da central dosadora para levantamento da quantidade de água de amassamento consumida nos meses de abril, maio e junho de 2019.

Legenda



USINA 1



USINA 2



USINA 3

Foram utilizadas técnicas exploratórias, entendidas como investigações de pesquisa empírica, cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema com tripla finalidade, desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos (SOUSA; LOPEZ; ANDRADE, 2008).

Empregam-se geralmente modelos sistemáticos, seja para a obtenção de informações empíricas ou para análises de dados (ou ambas simultaneamente). Obtém-se frequentemente descrições tanto quantitativas quanto qualitativas do objeto de estudo, e o investigador deve conceituar as inter-relações entre as propriedades do fenômeno, fato ou ambiente observado. A coleta de dados pode ser por entrevistas, observação, participante, análise de um pequeno número de unidades, mas geralmente sem o emprego de técnicas probabilísticas ou de amostragem (SILVA, N. J.; ALMEIDA, 2014).

Muitas vezes ocorre a manipulação de uma variável independente com a finalidade de descobrir seu efeito potencial. Subdividem-se em estudos exploratórios, descritivos, combinados, estudos que usam procedimentos específicos para a coleta de dados, e estudo de manipulação experimental (MORESI, 2003).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

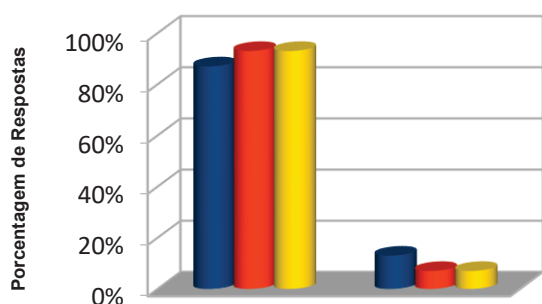
Os resultados obtidos no trabalho são a seguir apresentados e analisados. Inicialmente será apresentado o gerenciamento ambiental praticado pelas centrais dosadoras, seguida da análise quantitativa e qualitativa dos dados de produção de concreto e consumo de água das três centrais estudadas e principais fatores que influenciam o consumo de água para a produção de concreto.

4.1 Gerenciamento ambiental praticado pelas Usinas

A fim de contextualização e caracterização das Usinas estudadas, foram investigadas questões sobre o gerenciamento ambiental praticado por cada uma, a partir de visitas *in loco*, entrevistas e questionários.

Os resultados levantados indicam que as três Usinas possuem prática ambiental relativamente similares quanto às questões abordadas no que se refere a conformidades e não conformidades, conforme mostrado nos gráficos 1 a 5.

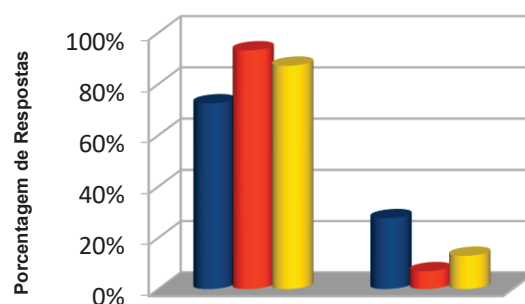
Gráfico 1: Preparo, controle, recebimento e aceitação



	Conformidade	Não Conformidade
Usina 1	87%	13%
Usina 2	93%	7%
usina 3	93%	7%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

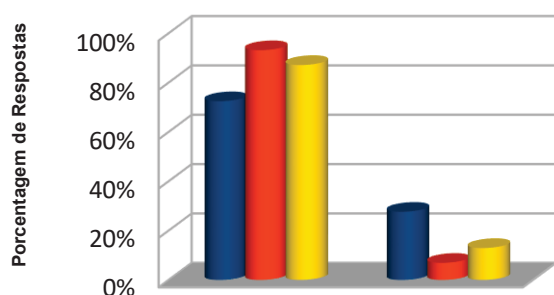
Gráfico 2: Execução de concreto dosado em central



	Conformidade	Não Conformidade
Usina 1	73%	27%
Usina 2	93%	7%
usina 3	93%	7%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

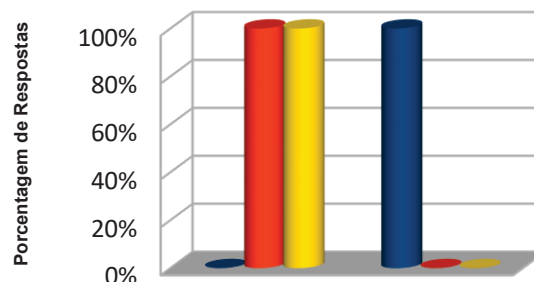
Gráfico 3: Agregados para concreto - Especificação



	Conformidade	Não Conformidade
Usina 1	73%	27%
Usina 2	93%	7%
usina 3	87%	13%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

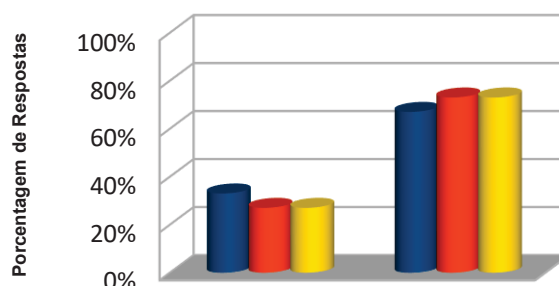
Gráfico 4: Resíduos Industriais



	Conformidade	Não Conformidade
Usina 1	0%	100%
Usina 2	100%	0%
usina 3	100%	0%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 5: Sistemas de gestão ambiental



	Conformidade	Não Conformidade
Usina 1	33%	67%
Usina 2	27%	73%
usina 3	27%	73%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

O gráfico 1 representa as respostas dadas para o primeiro questionário, composto por 15 perguntas sobre preparo, controle e recebimento do concreto. As conformidades foram muito similares entre as três Usinas, indicando que possuem práticas pouco divergentes com relação ao manuseio, estocagem e controle de qualidade dos componentes do concreto. As três usinas sinalizaram que possuem problemas com relação ao controle de água dos agregados, sendo esse o principal item de não conformidade com relação ao consumo de água.

O gráfico 2 mostra as respostas do segundo questionário, com 29 questões. Foram abordadas questões sobre a produção e entrega do concreto. As respostas mostraram que a Usina 1 possui fatores de maior possibilidade de consumo de água que as Usinas 2 e 3. Esses fatores estão associados à chegada do concreto na obra

em que o responsável pelo recebimento pode solicitar o acréscimo de água ou de outros componentes pouco antes do lançamento do concreto para atender à determinado padrão de trabalhabilidade ou de cura. Esse fator, reportado pelas três Usinas é importante, pois a água que é dimensionada pelo sistema dosador atende ao traço referente à resistência solicitada, e ao receber acréscimo sem medição adequada pode conduzir a um maior consumo de água para a finalização daquele concreto.

O gráfico 3 apresenta as respostas do terceiro questionário, com 5 questões. Para esse questionário o interesse era conhecer de que maneira são tratados os agregados na sua estocagem, o que, mais uma vez indicou altos índices de não conformidade. Não há um controle eficiente do coeficiente de umidade e estoque de água dos agregados e há uma subestimação da água embutida neles e que pode causar impacto no consumo de água pelas Usinas.

Com relação ao manejo de resíduos (gráfico 4), a Usina 1 tem 100% de não conformidade enquanto as Usinas 2 e 3 possuem 100% de conformidade. Essa diferença indica que, quanto ao manejo de resíduos, o fato de uma usina pertencer a um grupo econômico de maior porte, há uma maior preocupação com o manejo de resíduos enquanto Usinas menores podem negligenciar essa questão com soluções mais baratas.

O gráfico 5, relativo ao questionário de gerenciamento ambiental, mostrou que as Usinas não demonstram preocupação formal em possuir uma política de gestão ambiental. As três Usinas afirmam não possuir setores destinados especificamente a gerenciar os impactos ambientais advindos da sua atividade. Os cuidados com políticas ambientais que existem atendem ao que determina a legislação vigente para o setor.

4.2 Produção de concreto (m³) e consumo de água pelas Usinas estudadas

4.2.1 Produção de concreto (m³)

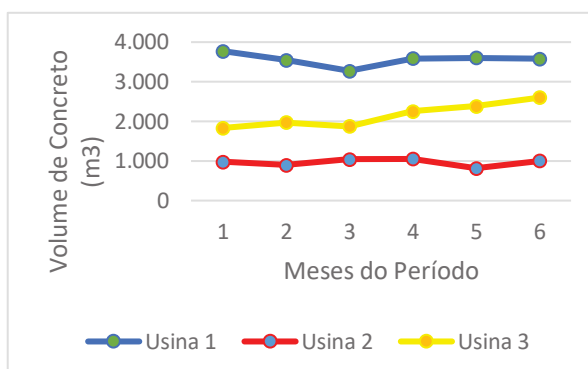
A informação disponibilizada pelas Usinas, referente ao volume de concreto produzido no primeiro semestre de 2019 é apresentada na Tabela 1 e no Gráfico 6.

Tabela 1: Volume de concreto (m³) produzido no primeiro semestre de 2019.

Mês	Usina 1	Usina 2	Usina 3
1	3.774	977	1.833
2	3.546	898	1.972
3	3.276	1.042	1.878
4	3.585	1.051	2.251
5	3.603	818	2.384
6	3.577	1.005	2.598
Total	21.361	5.791	12.916
Média	3.560	965	2.153

Fonte: dados da pesquisa (2020)

Gráfico 6: Volume de concreto (m³) produzido no primeiro semestre de 2019



Fonte: dados da pesquisa (2020)

Observa-se que as três usinas apresentaram volume de produção distinto, sendo que a Usina 1 produz em média 3.560 m³ por mês, a Usina 2 produz 965 m³ por mês, e a Usina 3 produz 2.153 m³ por mês.

É possível perceber que a Usina 1 possui um volume de produção de concreto maior que as outras duas. Um fator que pode explicar essa diferença é que a Usina 1 é a principal unidade de uma empresa de médio porte, enquanto as Usinas 2 e 3 fazem parte de grandes grupos empresariais que mantêm filiais com áreas de atendimento delimitadas. A estratégia de atender territórios específicos diminui o volume produzido por cada unidade, mas visa atender ao maior número de clientes com maior rapidez.

4.2.2 Consumo de água

Os dados de consumo de água decorrentes à produção de concreto levantados se referem à água de amassamento e a água utilizada na lavagem dos caminhões betoneira.

As duas principais características do concreto, que têm relação direta com a água de amassamento, são a sua trabalhabilidade no estado fresco e a sua resistência após a cura, no estado sólido. A trabalhabilidade, uma característica plástica do concreto, é a sua capacidade de penetrar nas fôrmas e ser compactado, também é a característica com que os operários são capazes de moldar e alisar a superfície concretada para nivelar e obter a forma final da estrutura. Para obter trabalhabilidade, a água deve ser dosada adequadamente para que o concreto tenha maleabilidade e ainda consistência de maneira a se ajustar às fôrmas e formatos das estruturas, seja

para passar através das malhas, seja para adensar-se em pisos e tetos (PELISSARI et al., 2020). A resistência está associada à capacidade do concreto resistir à esforços após o processo de cura, em que a água reage com o cimento lhe dando as características de rocha artificial tão necessárias para a sustentação das estruturas.

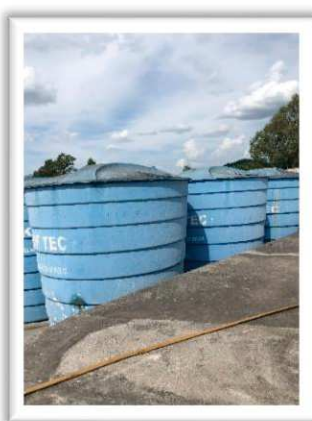
A Fotografia 17 mostra o procedimento de lavagem do balão de um caminhão betoneira em que a água de lavagem é despejada em uma valeta de escoamento que direciona a água para tanques de decantação. A Fotografia 18 mostra os tanques de armazenamento da água de amassamento de um Usina, pois a maioria das Usinas não utiliza água fornecida por empresas de abastecimento e sim de poços artesianos que precisam ser bombeadas para os reservatórios. A Fotografia 19 mostra outro procedimento de lavagem de caminhão betoneira com o despejo em vala coletora.

Fotografia 17: Lavagem de caminhão betoneira da Usina 1



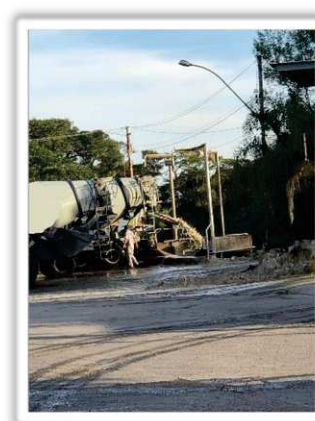
Fonte: dados da pesquisa (2020)

Fotografia 18: Tanques de água de amassamento Usina 2



Fonte: dados da pesquisa (2020)

Fotografia 19: Lavagem caminhão betoneira Usina 3



Fonte: dados da pesquisa (2020)

A quantidade de água consumida no processo de amassamento do concreto foi obtida a partir do sistema automatizado de dosagem dos componentes do concreto e que permanece arquivado nas centrais dosadoras. Estes sistemas, conforme informação dos gestores consideram a umidade presente na areia natural como sendo equivalente a 5% do volume dosado (GOMES; NEVES, 2002). Os programas utilizados pelas centrais dosadoras realizam o cálculo da água de amassamento descontando o teor de umidade estimado da areia natural. Desta maneira, os dados de volume de água aqui apresentados, foram fornecidos pelos sistemas sem contabilizar a água presumida da areia natural. Todavia, a Usina 3, que utiliza areia

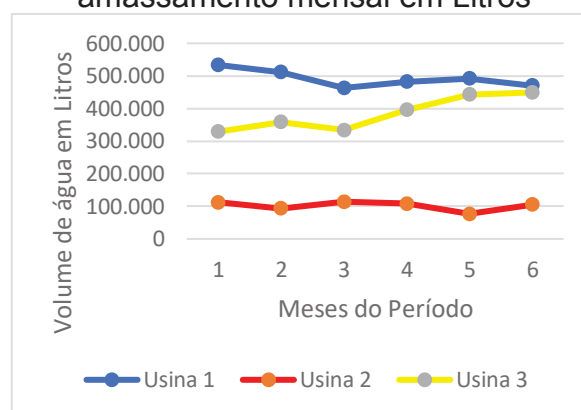
de britagem considera a areia como seca e o sistema faz o cálculo do traço de acordo com esta informação. Os dados de consumo de água de amassamento do primeiro semestre de 2019, foram totalizados mensalmente para melhor visualização do perfil de consumo de água de cada Usina, sem considerar a água presente na areia natural, são apresentados na Tabela 2 e Gráfico 7.

Tabela 2: Volume de água de amassamento mensal em Litros

Mês	Usina 1	Usina 2	Usina 3
1	533.380	112.264	328.789
2	511.640	93.047	358.821
3	462.980	114.067	333.455
4	482.300	107.880	395.773
5	491.750	76.962	442.907
6	470.680	105.308	449.200
Total	2.952.730	609.528	2.308.945
Média	492.122	101.588	384.824

Fonte: dados da pesquisa (2020)

Gráfico 7: Volume de água de amassamento mensal em Litros



Fonte: dados da pesquisa (2020)

É possível notar que a Usina 1 tem um maior consumo de água para amassamento, uma vez que ela tem uma maior produção de concreto com relação às outras Usinas estudadas. Observa-se que a Usina 3, no final do período estudado, ao aumentar sua produção de concreto (Tabela 1 e Gráfico 6), também aumentou o consumo de água de amassamento.

Com os dados obtidos e considerando a água embutida na areia natural foi possível obter o valor do fator água / materiais secos, que segundo Helene e Tutikian (2011) deve estar acima de 5% até 12%. Desta maneira, com o cálculo do fator água / materiais secos realizado fica claro que as usinas estão operando dentro dos padrões técnicos exigidos pela literatura e normas, mas que os dados fornecidos para a pesquisa contabilizaram apenas a água de amassamento utilizada na produção do concreto.

Tabela 3: Fator água / materiais secos

Usina	Produção total de concreto m ³	Consumo de água total em litros	Relação L/m ³	H (%)	Obs.
1	21.236	2.952.730	171	7,92	Dentro dos limites
2	5.791	609.528	166	7,65	Dentro dos limites
3	12.916	2.308.945	179	8,3	Dentro dos limites

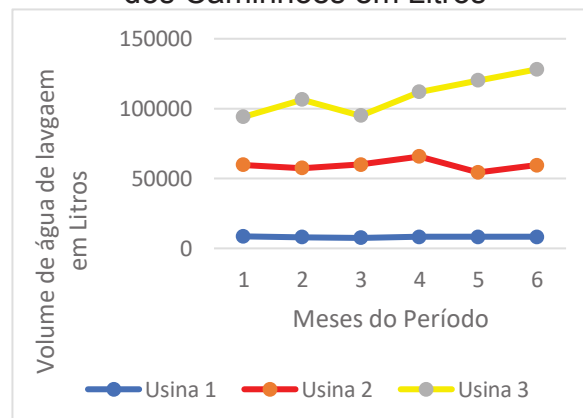
Fonte: dados da pesquisa (2020)

Também foi calculado, baseado em uma amostra de consumo médio por lavagem de caminhão betoneira, o consumo de água para a lavagem dos caminhões ao final das entregas e retorno à usina para descanso ou nova carga (dependendo do horário de retorno de cada caminhão), conforme a Tabela 4 e Gráfico 8.

Tabela 4: Volume de água de Lavagem dos Caminhões em Litros

Mês	Usina 1	Usina 2	Usina 3
1	8.600	59.760	94.050
2	8.100	57.420	106.350
3	7.480	59.940	95.100
4	8.180	65.700	111.900
5	8.220	54.360	120.300
6	8.160	59.580	128.100
Total	48.740	356.760	655.800
Média	8.123	59.460	109.300

Fonte: dados da pesquisa (2020)

Gráfico 8: Volume de água de Lavagem dos Caminhões em Litros

Fonte: dados da pesquisa (2020)

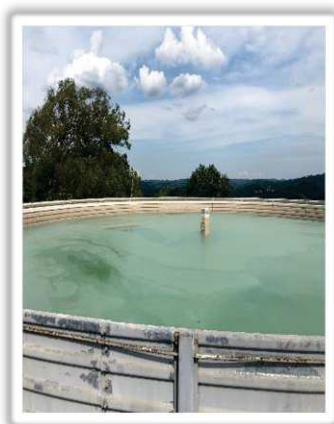
As Usinas 2 e 3 têm por prática realizar a lavagem dos caminhões a cada retorno para a Usina. Isto é, para o recebimento de nova carga de concreto o caminhão tem seu balão totalmente lavado, não importando qual é o horário do dia em que o retorno do caminhão acontece. Por isso a Usina 3 apresenta um maior consumo de água para a lavagem dos caminhões. A Usina 1, por sua vez, tem por prática realizar a lavagem apenas no final do dia de serviço. O resíduo de cargas de concreto que possa existir dentro do balão recebe um acréscimo de 200 litros de água de um reservatório existente no próprio caminhão. Esse resíduo somado à água é considerado para a nova mistura apenas como água de amassamento e o caminhão

recebe nova carga de componentes para fazer um novo concreto. Com essa prática o consumo de água de lavagem da Usina 1 é menor que as outras Usinas.

A Usina 3 informou que utiliza água de reuso tanto na água de amassamento quanto na lavagem dos caminhões, para isso possui um sistema de captação de água de chuva e da água de lavagem que vão para tanques de decantação e depois de limpa vai para um tanque de armazenamento (Fotografia 20). Por utilizar água de reuso para o processo de lavagem é possível que a Usina 3 não tenha preocupação com a lavagem sistemática dos seus caminhões e por isso não poupe água para esse procedimento. A Usina 1 por não utilizar água de reuso prefere economizar água e realizar apenas uma lavagem ao final do dia de serviço dos caminhões.

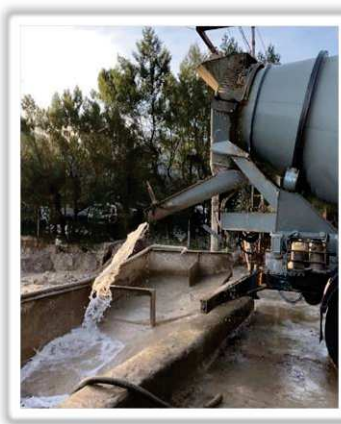
A título ilustrativo, a Fotografia 21 mostra a lavagem de um caminhão e a Fotografia 22 mostra os tanques de decantação da água utilizada na lavagem dos caminhões.

Fotografia 20: Tanque de armazenagem de água de reuso Usina 3



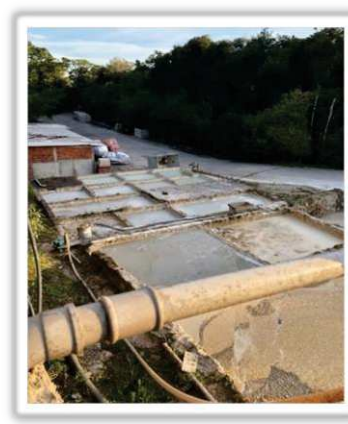
Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Fotografia 21: Limpeza de Caminhão Betoneira Usina 1



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Fotografia 22: Tanque de decantação de água de lavagem Usina 1



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

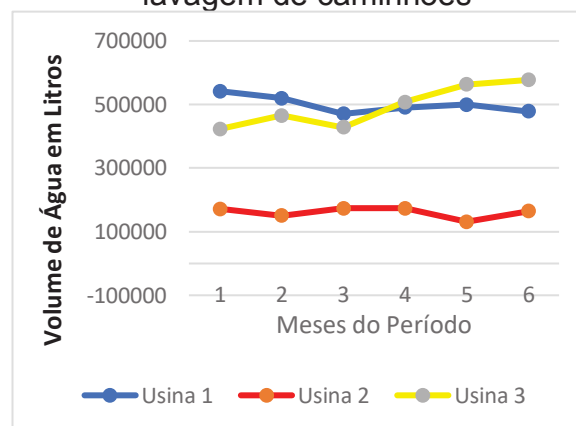
A somatória do consumo de água de amassamento mais a água utilizada para a lavagem dos caminhões é apresentada na Tabela 5 e no Gráfico 9. O que deve ser destacado é que quando é feita a somatória o consumo de água das Usinas 2 e 3, que realizam maior número de lavagem dos seus caminhões há um aumento significativo no consumo total de água.

Tabela 5: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões

Mês	Usina 1	Usina 2	Usina 3
1	541.980	172.024	422.839
2	519.740	150.467	465.171
3	470.460	174.007	428.555
4	490.480	173.580	507.673
5	499.970	131.322	563.207
6	478.840	164.888	577.300
Total	3.001.470	966.288	2.964.745
Média	500.245	161.048	494.124

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 9: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

É importante ressaltar que não foram entregues pelas Usinas os dados de consumo de água para uso humano dentro de suas instalações, isto é, não foram fornecidos os dados de consumo de água potável para atender o uso dos funcionários, seja para beber, utilização no uso de banheiros, lavagem de refeitórios, e preparo de refeições para alimentação dos recursos humanos das empresas.

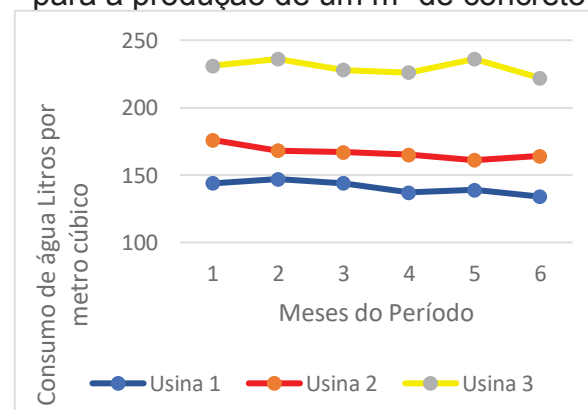
O consumo de água (em litros), considerando água de amassamento e água de lavagem dos caminhões betoneira para a produção de um m³ de concreto é apresentado na Tabela 6 e no Gráfico 10.

Tabela 6: Consumo de água (em litros) para a produção de um m³ de concreto

Mês	Usina 1	Usina 2	Usina 3
1	144	176	231
2	147	168	236
3	144	167	228
4	137	165	226
5	139	161	236
6	134	164	222
Média	140	166	229

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 10: consumo de água (em litros) para a produção de um m³ de concreto



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

A relação de consumo de água por metro cúbico de concreto produzido apresenta uma inversão na percepção da operação das Usinas uma vez que a Usina

1 que é a maior consumidora de água (vide Tabela 4), possui uma relação menor de consumo de água por metro cúbico de concreto produzido. Enquanto as Usinas 2 e 3, que possuem um consumo total menor de água, apresentaram uma relação de consumo por metro cúbico de concreto maior. A Usina 3 possui a maior relação de consumo, o que indica que seu processo de produção de concreto é o maior consumidor de água que as demais.

Isso ocorre por dois fatores, o primeiro está associado ao tipo de areia utilizado na mistura, a Usina 3 utiliza 100% de areia de britagem que demanda maior quantidade de água, e o segundo fator é com relação à gestão no processo de lavagem dos caminhões. A Usina 3 tem por hábito lavar os caminhões a cada viagem para entrega de concreto, o que, no caso de aumento de demanda por parte dos clientes, isso é, aumento de produção de concreto, ocorre maior número de entregas e viagens e com isso maior número de lavagem de caminhões.

4.3 Identificação e análise dos principais fatores que influenciam o consumo de água na produção do concreto

O consumo de água para a produção do concreto é sujeito a diferentes fatores de influência. O presente trabalho busca levantar hipóteses a partir de uma pesquisa de campo em que a observação das práticas e técnicas aplicadas nas Usinas Concreteiras indicam quais elementos e quais práticas podem conduzir a um maior ou menor consumo de água para a produção do concreto.

A identificação dos principais fatores que influenciam o consumo de água para produção de concreto foi realizada a partir das informações quantitativas e qualitativas levantadas no trabalho.

A análise dos fatores de influência do consumo de água está dividida em duas partes, sendo a primeira relativa aos fatores de influência no consumo de água utilizada no amassamento do concreto e a segunda aos fatores relacionados à água utilizada na lavagem dos caminhões.

4.3.1 Fatores de influência na água de amassamento

Conforme já dito o segundo questionário, com 29 questões, abordou a produção e entrega do concreto e mostrou que a Usina 1 possui fatores de maior possibilidade de consumo de água na obra que as Usinas 2 e 3. Os fatores que podem influenciar o consumo de água na obra são quando o responsável pelo recebimento pode solicitar o acréscimo de água ou de outros componentes pouco antes do lançamento do concreto para atender a determinado padrão de trabalhabilidade ou de cura. Esse fator, reportado pelas três Usinas é importante, pois a água que é dimensionada pelo sistema dosador atende ao traço referente à resistência solicitada, e ao receber acréscimo sem medição adequada pode conduzir a um maior consumo de água para a finalização daquele concreto. A água utilizada no processo de complementação da mistura na obra é obtida do reservatório existente nos caminhões betoneira, pois, segundo os responsáveis pelas Usinas, o controle de qualidade da água precisa ser mantido, e também, muitas vezes, as obras não dispõem de fornecimento de água próximo ao local de chegada do caminhão. Com isso a água acrescentada deve ser atribuída ao consumo das Usinas.

Considerando a umidade dos agregados como um possível fator de influência no consumo de água, observou-se que as três Usinas possuem práticas semelhantes de estocagem a céu aberto dos agregados. Desta maneira os componentes utilizados para a produção do concreto não possuem um controle eficiente do seu teor de umidade que seja capaz de medir o estoque de água contido nestes componentes.

As três usinas sinalizaram que possuem problemas com relação ao controle de água dos agregados, que são guardados a céu aberto e que estão sujeitos à ação de chuvas ocasionais, o que com isso, aumenta a concentração de água na mistura do concreto, que segundo a Norma ABNT 7212 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984) possui uma margem de tolerância, mas que não é medida com precisão. As Usinas também relataram que há uma subestimação da água embutida nos agregados e que pode causar impacto no consumo de água na produção do concreto.

Apesar de haver na norma a previsão desse tipo de ocorrência pode-se considerar isso como um fator de influência no consumo de água, uma vez que assim como há acúmulo de água de chuva nos agregados há também evaporação dessa mesma água em períodos de seca, o que vai impactar na necessidade de maior ou menor quantidade de água de amassamento para que o concreto atinja a mistura ideal. O fato de cada Usina estar em uma região geográfica diferente também é um

fator de impacto no consumo de água, pois o regime de chuvas e secas também interfere na concentração de água nos agregados, mas não há um estudo específico sobre esse assunto (VALIN JR et al., 2016).

A Tabela 7 mostra os tipos de concretos produzidos pelas Usinas estudadas, assim como os materiais constituintes utilizados na mistura do concreto.

Tabela 7: Características dos concretos e materiais das três usinas

Caracterização das Usinas	USINA 1	USINA 2	USINA 3
Tipo de Concreto	C30S100 + C25S100	C30S100 + C25S100	C30S100 + C25S100
Tipo de Areia	50% areia natural + 50% areia de britagem	100% areia natural	100% areia de britagem
Cimento	CP II F-40	CP II F-40	CP II F-40
Aditivo	Plastificante Lignosulfonato, Superplastificante e Policarboxilato	Plastificante Muraplast Fk93, Superplastificante e Muraplast Fk22 + Inibidor de Hidratação	Plastificante Mastermix N BASF + Retardador Mastermix R BASF
Água de reuso	Não	Não	Sim
Teor de Argamassa	De 50% a 53 %	52%	56%

Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Os tipos de concreto mais produzidos pelas Usinas 1, 2 e 3 são C30S100⁶ com Fck 30 Mpa e C25S100 com Fck 25. A Usina 1 também produz a C20S100 com Fck 24,95 Mpa. Dessa maneira, mesmo não sendo um trabalho comparativo a semelhança dos tipos de concreto fornecidos pelas Usinas é um fator que permite

⁶ A designação CXYSxyz é uma convenção da indústria concreteira em que C significa concreto, o número XY é a resistência a compressão em Fck. O S está para teste de slump, que é o escorregamento do concreto no cone de slump, sendo que o número xyz é a altura em que o cone de concreto se mantém estável em milímetros.

uma melhor compreensão dos fatores que influenciam no consumo de água para a produção do concreto.

O tipo de cimento mais utilizado pelas Usinas 1, 2 e 3 é o CP II F-40 composto, que contém elevado teor de clínquer a alta reatividade, e adição de *filler* calcário entre 6% a 10%. Foi desenvolvido para atender as necessidades dos consumidores industriais e Concreteiras. Sua principal característica é a capacidade de conferir ao concreto altas resistências iniciais e finais. Permite a fabricação de concretos de elevado desempenho e estudos de traço e composição são recomendados para que os melhores resultados sejam atingidos na estrutura (LOPES; PEÇANHA; CASTRO, 2020). As Usinas 1, 2 e 3 não trabalham com o cimento ensacado, mas com cimento a granel que é armazenado diretamente em silos, não havendo contato algum entre os funcionários e o cimento, garantindo a segurança à saúde de todos os colaboradores e envolvidos no processo de dosagem do concreto.

Embora as Usinas usem o mesmo tipo de cimento para a produção de concreto, o consumo de cimento de cada usina difere entre si, sendo a média do consumo de cimento da Usina 1 de 45 ton./dia, Usina 2 de 15,45 ton./dia e da Usina 3 de 36,94 ton./dia.

Os aditivos mais utilizados pela Usina 1 são o plastificante Lignosulfonato com um consumo médio de 1,8 kg/m³ e o superplastificante Policarboxilato com um consumo médio de 0,2 kg/m³. Na Usina 2, também são utilizados plastificantes Muraplast Fk93, superplastificante Muraplast Fk22 e Inibidor de Hidratação Controlmix 80. Na Usina 3, são utilizados aditivos como Mastermix N BASF, que são aditivos plastificantes poli funcionais e plastificantes retardadores como Mastermix R BASF. A Usina 2 consome em média 1,24 kg/m³ de plastificantes e a Usina 3 consome em média 2,58 kg/m³ de plastificantes.

O consumo de brita entre as usinas é variável, sendo a média do consumo de brita na Usina 1 de 20 ton./dia, da Usina 2 de 49,99 ton./dia e da Usina 3 de 91,5 ton./dia. Já o consumo de areia na Usina 1 é de 78 ton./dia de areia britada e 78 ton./dia de areia natural. O destaque é que a Usina 1 trabalha com 50% de areia de britagem e 50% de areia natural, na produção de seu concreto. Na Usina 2 são consumidos 38,72 ton./dia de areia natural, a Usina 2 utiliza apenas areia natural na produção de seu concreto, assim 100% de areia natural e 0 % de areia de britagem. Na Usina 3 o consumo médio de areia de britagem são 79,4 ton./dia. A Usina 3 produz concreto com 100% de areia de britagem e 0% de areia natural.

O teor de argamassa na Usina 1 está entre 0,50 a 0,53 (50% e 53% em volume) sendo variável de acordo com o tipo de concreto, na Usina 2 é de 0,52 (52% em volume) e na Usina 3 é de 0,56 (56% em volume).

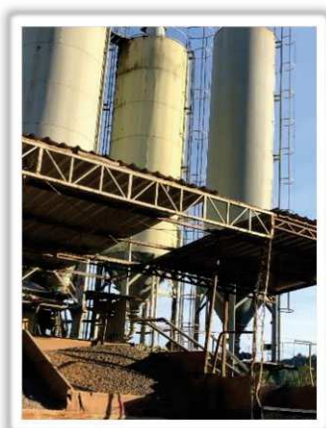
As Fotografias 23 a 25 apresentam a maneira em que os agregados são estocados a céu aberto e sujeitos às alterações climáticas e de umidade.

Fotografia 23: Baias de estocagem de agregados



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 24: Silos de Cimento e Baias de Agregados



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Fotografia 25: Pátio com areia de britagem



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A Tabela 8 apresenta a informação disponibilizada pelas Usinas relativas às quantidades diárias de elementos empregadas na produção de concreto e seus constituintes. A Tabela 9, em seguida apresenta os valores médios mensais considerando a quantidade de 30 dias úteis por mês, tendo em vista que as Usinas operam todos os dias do mês e em alguns casos, com jornadas no turno da noite.

Tabela 8: Materiais Utilizados pelas Usinas na composição do Concreto

Materiais	USINA 1	USINA 2	USINA 3
Concreto	118 m ³ por dia	32 m ³ por dia	71 m ³ por dia
Areia	78 t areia natural + 78 t areia de britagem = 156 t por dia	38,72 t areia natural por dia	79,4 t areia de britagem
Cimento	45 t dia	15,45 t dia	36,94 t dia
Aditivo	236 kg por dia	40 kg por dia	184 kg por dia
Água de Amassamento	16.404 Litros por dia	3.386 Litros por dia	12.827 Litros por dia
Brita	20 t por dia	49,99 t por dia	91,5 t por dia

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Tabela 9: Consumo mensal médio de produtos da mistura de concreto baseado na produção mensal média

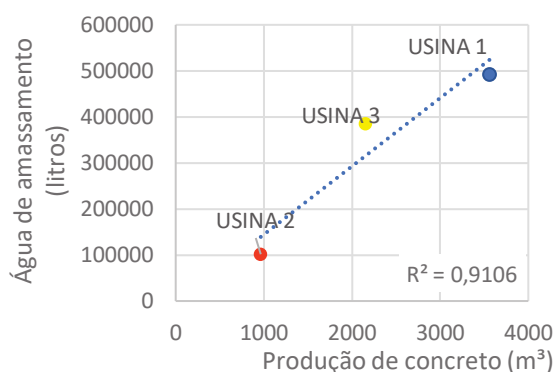
Consumo de materiais das Usinas	USINA 1	USINA 2	USINA 3
Concreto	3.560 m ³ /mês	965 m ³ /mês	2.152 m ³ /mês
Areia	2.340 t areia natural + 2.340 t areia de britagem = 4.680 t mês	1.161,6 t areia natural mês	2.382 t areia de britagem mês
Cimento	1.350 t mês	463,5 t mês	1.108,2 t mês
Aditivo	7.080 Kg mês	1.200 Kg mês	5.520 Kg mês
Água de amassamento	492.121,7 litros mês	101.588 litros mês	384.824,2 litros mês
Brita	600 t mês	1.500 t mês	2.745 t mês

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A partir das informações da Tabela 9 foi analisado o comportamento do consumo médio dos materiais em relação ao consumo médio de água das Usinas, identificando a tendência de comportamento e o coeficiente de determinação (R^2). Como a amostra de dados é relativamente pequena (3 Usinas), não foi realizada análise estatística dos dados, considerando a influência das variáveis em conjunto.

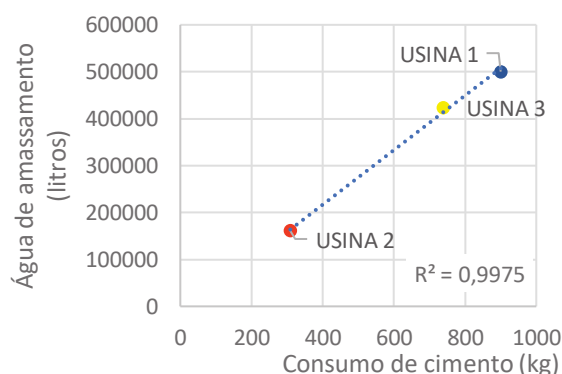
A partir de correlação simples, foi calculado o coeficiente de determinação de influência de consumo de água, o qual foi denominado R^2 para cada variável (QUININO; REIS; BESSEGATO, 2013), conforme mostrado nos gráficos 11 a 15, que correlacionam o consumo de água de amassamento com a produção de concreto (m^3), e consumos de cimento (kg), brita (kg), areia (m^3) e aditivo (kg). Os valores utilizados são a média obtida dos seis meses de cada usina.

Gráfico 11: Relação entre água de amassamento e produção de concreto



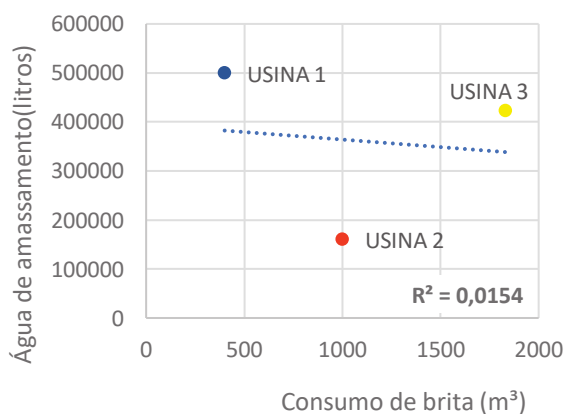
Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Gráfico 12: Relação entre água de amassamento e o consumo de cimento



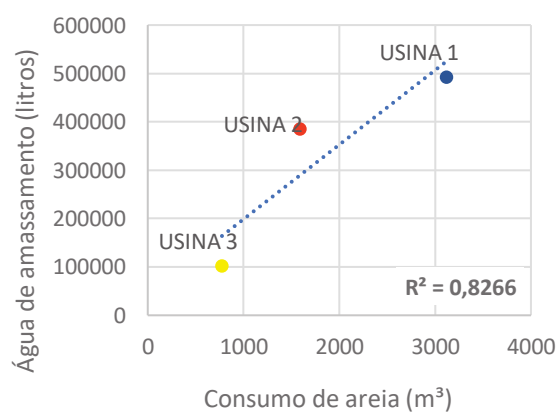
Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Gráfico 13: Relação entre água de amassamento e consumo de brita



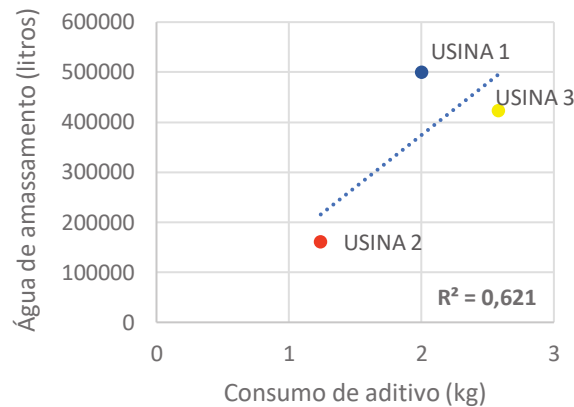
Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Gráfico 14: Relação entre água de amassamento e consumo de areia



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Gráfico 15: Relação entre água de amassamento e consumo de Aditivo



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Após a análise dos gráficos é possível classificar em ordem decrescente os principais fatores de influência no consumo de água.

Tabela 10: Fatores de influência no consumo de água de amassamento para a produção do concreto

Fatores de Influência	Coefficiente de Determinação (R^2)
Cimento	$R^2 = 0,9975$
Produção de Concreto	$R^2 = 0,9106$
Areia	$R^2 = 0,8266$
Aditivo	$R^2 = 0,6210$
Brita	$R^2 = 0,0154$

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A análise dos dados mostradas nos gráficos 11 a 15 mostram que as variáveis que demonstraram mais influenciar o consumo de água de amassamento para a produção de concreto consistem, em ordem decrescente no consumo de cimento (kg), produção de concreto (m^3) e consumo de areia (m^3). A correlação dessas três variáveis, correlacionadas ao consumo de água de amassamento resultou em coeficiente de determinação relativamente próximos a 1.

A correlação entre o consumo de água de amassamento e as variáveis relacionadas ao consumo de aditivo (kg), e especialmente o consumo de brita por estarem mais distantes de 1, não indicam um fator de influência decisivo para o consumo de água.

O cimento necessita de água para formar cristais sólidos que promovem a resistência mecânica ao concreto. O endurecimento do concreto é resultado de um processo de hidratação, que é exatamente a reação química entre o cimento e a água. É por meio dessa hidratação que acontece a reação química que forma os Silicatos de Cálcio Hidratados (C-S-H). São eles que influenciam na maioria das propriedades físicas e mecânicas do concreto em estado endurecido. A hidratação do cimento continua por um tempo bastante longo e é preciso que as condições ambientais favoreçam as reações que se processam (BARBOSA et al., 2018).

A areia possui duas fases por ter uma parte sólida e uma parte líquida (normalmente preenchida por água). A primeira fase é a qual a areia se encontra totalmente seca, uma areia formada por partículas sólidas e seus vazios preenchidos por ar. Quando a areia está completamente saturada, onde todo o volume de seus vazios está ocupado por água, denominamos areia úmida ou areia saturada (HELENE, 2005). As Usinas estudadas trabalham com areia seca para receber o maior volume de areia, uma vez que a areia saturada tem maior peso e volume de água. Por trabalhar com areia seca sem a presença de água nos vazios as Usinas precisam acrescentar água, pois para a produção de concreto é necessário a areia saturada. Assim é acrescentado o volume de água desejado. Entre as propriedades da areia deve se ter especial atenção para a granulometria, umidade e pulverulento, sendo este último muito relevante na demanda de água (ARAÚJO et al., 2020). A falta de atenção com o teor de água presente na areia pode levar a perda da resistência do concreto e prejudicar a permeabilidade do material implicando em patologias e pondo em risco a durabilidade da estrutura. A preocupação com a qualidade e o teor de umidade da areia se justifica ainda mais quando se percebe que 40% do volume que compõe o concreto é constituído de agregado miúdo. Identificar o teor de umidade da areia é um cuidado necessário para reduzir variações de água no concreto. O teor de água do agregado deve ser conhecido e descontado do total de água adicionado ao concreto. Existem três tipos de areia, areia fina, areia média e areia grossa. Na produção do concreto deve-se utilizar areia grossa e seca. Quanto menor a

granulometria da areia maior será o seu índice de vazios e maior a quantidade de água necessária para saturar esse elemento (ABDELGADER et al., 2013).

Nas reações químicas que ocorrem para a produção do concreto a hidratação tanto do cimento quanto da areia ocorrem exclusivamente com água. Assim podemos observar após o estudo realizado dos gráficos acima a confirmação de que estes fatores são os que mais influenciam no consumo de água.

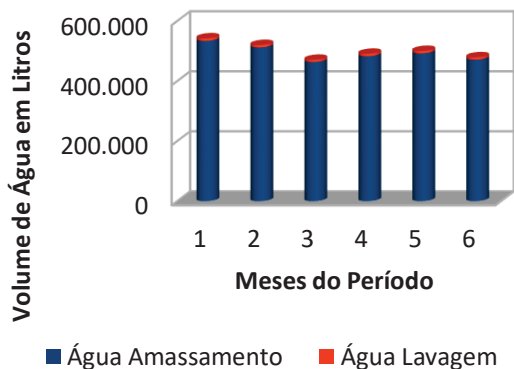
Na produção do concreto os aditivos se apresentam na forma líquida e são adicionados ao material no final do processo de mistura em quantidade não maior de que 5% da massa do material cimentício contido no concreto. Os aditivos mais utilizados pelas Usinas pesquisadas são os plastificantes e superplastificantes. Esses aditivos reduzem a quantidade de água necessária utilizada e oferecem melhor trabalhabilidade ao concreto (BARBOSA et al., 2019). Em relação ao consumo de água ocorre uma redução, assim os aditivos são fatores de influência que consomem menos água em relação ao cimento e a areia durante a produção de concreto. Por outro lado, como os aditivos plastificantes e superplastificantes não tem como finalidade a redução do consumo de água como os aditivos redutores de água, o consumo de água em relação ao aditivos plastificantes utilizados pelas Usinas ainda é alto e significativo sendo maior em relação aquele agregado que representa apenas um processo físico que é a brita (LA SERNA; REZENDE, 2009).

As Britas são responsáveis por estruturar a mistura enquanto a areia e o cimento garantem a sua trabalhabilidade. Além da sua função estrutural as britas contribuem para o aumento da resistência à compressão e a abrasão (desgaste). Por ser um agregado graúdo a brita tem grande quantidade de vazios, ao contrário do cimento e da areia em que seus vazios são preenchidos exclusivamente com água os vazios da brita deverão ser preenchidos com pasta (junção de água, cimento e areia). Assim o consumo de água em relação a brita não é um fator relevante na influência do consumo de água para a produção do concreto.

4.3.2 Fatores de influência na água de lavagem dos caminhões

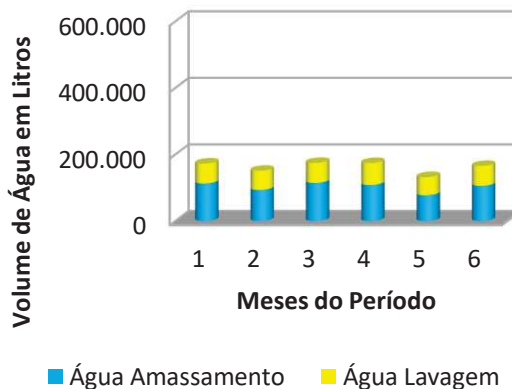
Os gráficos 16, 17 e 18 mostram o percentual de consumo de água destinada à lavagem dos caminhões, considerando o total de água consumida em cada Usina (água de amassamento + água de lavagem de caminhão).

Gráfico 16: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões - Usina 1



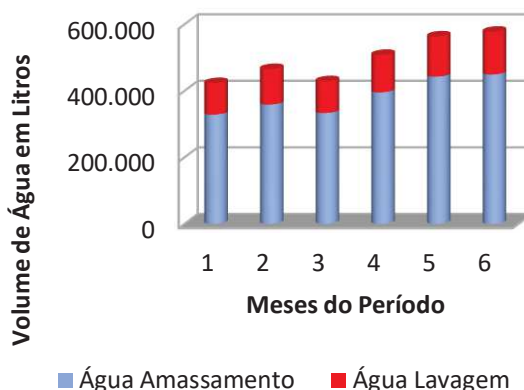
Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 17: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões - Usina 2



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Gráfico 18: Somatória do consumo de água de amassamento e água para lavagem de caminhões - Usina 3



Fonte: Dados da Pesquisa (2020)

Quando comparados os gráficos 16, 17 e 18, percebe-se que a Usina 1 apresenta um menor volume de água de lavagem dos caminhões, enquanto as Usinas 2 e 3 possuem um maior consumo de água de lavagem dos caminhões. Os gráficos também mostram que a soma da água de amassamento com a água de lavagem aumentam o consumo de água das três Usinas, havendo ainda, um aumento significativo do consumo da Usina 3 que faz com ela ultrapasse o consumo da Usina 1 que possui, entre as três, o maior consumo de água de amassamento. O motivo da diferença no consumo da água de lavagem está diretamente relacionado com os protocolos de manutenção dos balões dos caminhões betoneira.

Todas as Usinas possuem um protocolo de manutenção dos balões dos caminhões betoneira com o propósito de evitar que qualquer resíduo das misturas possa depositar e secar dentro deles. Esse cuidado é essencial para garantir tanto a vida útil dos balões e dos caminhões betoneira, quanto para iniciar uma nova mistura dentro dos balões. É importante lembrar que a prática de todas as Usinas estudadas é executar a mistura dos componentes diretamente nos balões misturadores. Essa prática faz com que os balões sejam peça fundamental da atividade concreteira e por consequência a manutenção e limpeza do interior dos mesmos são de interesse das Usinas. O que foi levantado pela pesquisa é que existem diferentes práticas para a limpeza dos balões e que dependem de cada empresa. Nas Usinas estudadas há dois tipos de protocolos distintos. A Usina 1 tem como prática a lavagem completa dos caminhões apenas no final do dia de trabalho e quando há duas ou mais viagens com novo carregamento ela depende da certeza de que toda a carga de concreto foi descarregada no cliente e que o operador do caminhão inseriu no balão o volume de 200 litros de água que irá ser contabilizada como água de amassamento para a próxima mistura, dessa maneira, essa carga de 200 litros de água despejada no balão não faz parte da contabilidade da água de lavagem do caminhão e sim entra na contabilidade da água de amassamento. As Usinas 2 e 3 possuem outro protocolo que é a lavagem dos caminhões depois do retorne de cada entrega de concreto, isto é, cada vez que o caminhão retorna para a Central Dosadora ele, obrigatoriamente, recebe a lavagem do interior do balão. Esta prática faz com que haja um maior consumo de água de lavagem por parte destas duas Usinas.

Entende-se que os fatores que influenciam o consumo de água de lavagem dos caminhões se referem aos sistemas de gestão e protocolos de manutenção dos caminhões betoneiras das operações de cada Usina e que são esses sistemas de gestão e protocolos que influenciam no consumo total de água (água de amassamento + água de limpeza dos caminhões).

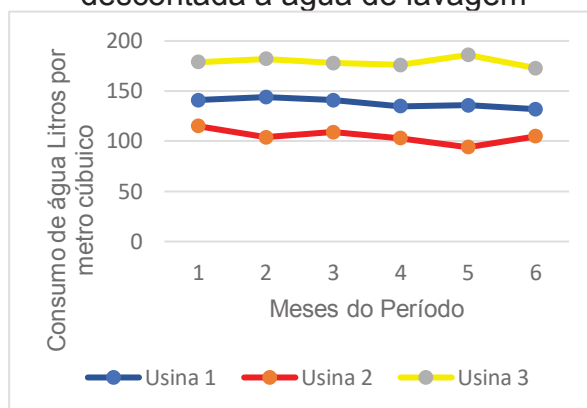
A Tabela 11 e o Gráfico 19 mostram o consumo de água das usinas, desconsiderando a água de lavagem para obter a relação de litros por metro cúbico da água de amassamento na produção do concreto.

Tabela 11: Consumo de água (em litros) para a produção de um m³ de concreto descontada a água de lavagem

Mês	Usina 1	Usina 2	Usina 3
1	141	115	179
2	144	104	182
3	141	109	178
4	135	103	176
5	136	94	186
6	132	105	173
Média	138	105	179

Fonte: dados da pesquisa (2020)

Gráfico 19: Consumo de água (em litros) para a produção de um m³ de concreto descontada a água de lavagem

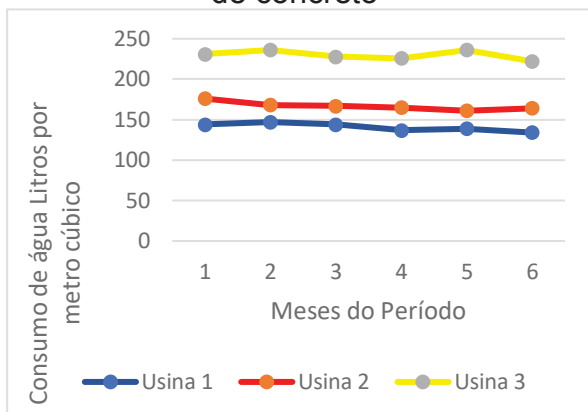


Fonte: dados da pesquisa (2020)

Pode-se afirmar que a prática da lavagem dos caminhões pode ser considerada como um fator de influência no consumo de água e que depende do volume de atendimento de cada Usina e seu protocolo de manutenção e limpeza dos caminhões. As Usinas com maior preocupação com a lavagem dos caminhões se tornam maiores consumidoras de água com relação as Usinas que optam por realizar a lavagem apenas no final do dia de serviço do caminhão. Também aponta para um fator de influência entre os componentes da mistura do concreto como sendo a constituição da areia, isto é, o tipo de agregado miúdo que é utilizado é um fator de influência no consumo de água.

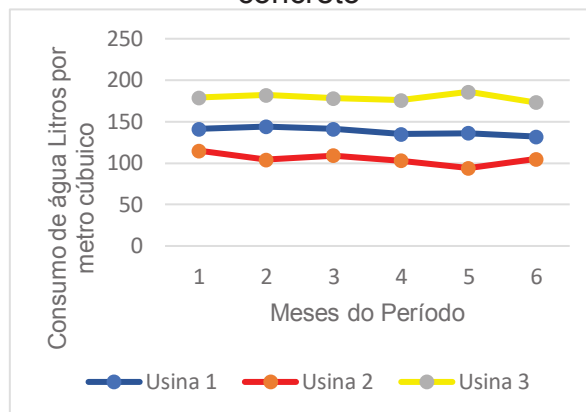
Os gráficos 20 e 21 apresentam o consumo unitário de água para a produção de concreto (l/m³) das três usinas, considerando água de amassamento + água de lavagem (Gráfico 20), e água de amassamento (Gráfico 21).

Gráfico 20: Relação de consumo de água total (água de amassamento com água lavagem) para produção de um m³ de concreto



Fonte: dados da pesquisa (2020)

Gráfico 21: Relação de consumo de água de amassamento sem água de lavagem para produção de um m³ de concreto



Fonte: dados da pesquisa (2020)

Ao compararmos os gráficos 20 e 21 abaixo é possível perceber que, excluída a água empregada na limpeza dos caminhões, a relação de consumo de água de amassamento sofre uma redução significativa com relação a relação do consumo de água total e mostram que a Usina 3, que produz concreto 100% de areia de britagem possui uma relação de consumo maior que as outras, enquanto que a Usina 1, que tem a maior produção de concreto, mas que utiliza uma mistura de 50% de areia natural com 50% de areia de britagem, fica em segundo lugar no consumo de água. E a Usina 2, que trabalha com 100% de areia natural possui a menor relação de consumo de água.

5 DISCUSSÃO

A utilização do questionário de conformidades mostrou que as usinas seguem com bastante atenção às normas específicas do trabalho com concreto, seja na sua produção, seja na estocagem das matérias primas ou na atenção ao cliente. Entretanto nos quesitos relativos ao cuidado com o meio ambiente e políticas ambientais todas não seguem um protocolo definido. A maioria das ações associadas a sustentabilidade ocorrem de maneira dispersa e sem haver uma política ou estratégia determinada pelas empresas.

As usinas possuem perfis diferenciados que devem ser explicitados. A Usina 1 é uma unidade de três dosadoras fixas, e atende 80% dos pedidos da empresa concreteira. As Usina 2 e 3 fazem parte de uma empresa maior, com várias filiais, e atendem apenas clientes próximos, não excedendo uma área de atuação estabelecida pela matriz. Sendo assim cada uma delas possui características distintas, que em um primeiro olhar não possibilitam um quadro comparativo adequado. Mas ao proceder para a análise, as distinções em cada usina auxiliam a explicar o ponto central desse trabalho de pesquisa que é determinar quais são os fatores de influência no consumo de água na produção de concreto.

O que pode ser pensado é que o consumo de água para a produção do concreto, sendo a água de amassamento e a água para a limpeza dos caminhões e da Usina, é mais afetado pelos agregados miúdos do que os demais componentes. Os agregados graúdos (brita), aditivos, e cimento, por possuírem características similares nas centrais dosadoras pesquisadas não se tornam fatores de alteração no consumo de água para a produção de concreto.

Os componentes dos concretos produzidos pelas três Usinas têm como elementos diferenciais o uso de areia nas proporções entre 100 % de areia natural até 100 % de areia de britagem, passando por uma Usina com a relação de 50% de areia natural com 50 % de areia de britagem no traço de concreto produzido. Com os dados coletados, a presença da areia de britagem na mistura causa um aumento do consumo de água, o que confirma as afirmações dos autores que tratam do tema (JACINTHO, 2019; KURZ; PALIGA; TORRES, 2018; PELISSARI et al., 2020). Isto é, que a areia de britagem, por ser mais seca e possuir os micros particulados denominados filler, ocasionam um maior consumo de água para a produção de concretos (BARBOSA, M. S. et al., 2019).

O uso de aditivos superplastificante também é um fator de influência no consumo de água, já reportado por outros estudos (CECEL et al., 2019; MENEZES et al., 2007; PELISSARI et al., 2020). Todo o processo de produção do concreto, atualmente, conta com a adição dos aditivos plastificantes e superplastificantes, para redução do tempo de pega, ou para permitir uma melhor trabalhabilidade do concreto, e produzem o efeito de diminuir a quantidade de água na mistura. Quando se analisam os resultados da pesquisa realizada, é possível perceber que a Usina 1 utiliza um plastificante da Policarboxilato, que é um produto que acarreta a diminuição do consumo de água de amassamento (CECEL et al., 2019 p.13). Essa informação quando associada ao levantamento do consumo de água da Usina 1 permite deduzir que a utilização do superplastificante na mistura pode ser responsável pelo menor consumo de água, apesar de haver na mistura agregados miúdos com a razão de 50% de areia natural e 50% de areia de britagem. Mistura que deveria acarretar maior consumo de água. Essa dedução coloca a questão de que havendo uma preocupação com o consumo de água por parte da concreteira, e havendo a busca por uma mistura mais otimizada com a adição de produtos que auxiliem no melhor uso da água há fatores de aumento e diminuição do consumo de água para a produção do concreto que estão diretamente relacionados com a escolha dos elementos da mistura, no caso estudado são os agregados miúdos e os aditivos. Sendo que o fator de maior impacto se apresenta nos agregados miúdos, isto é, na areia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As Usinas têm como elementos diferenciais o uso de areia nas proporções entre 100 % de areia natural até 100 % de areia de britagem, passando por uma Usina com a relação de 50% de areia natural com 50 % de areia de britagem no traço de concreto produzido. Percebe-se que a presença da areia de britagem na mistura causa um aumento do consumo de água, o que confirma as afirmações de autores que tratam do tema (JACINTHO, 2019; KURZ; PALIGA; TORRES, 2018; PELISSARI et al., 2020). A areia de britagem, por ser mais seca e possuir os micros particulados denominados *filler*, contribui para um maior consumo de água para a produção de concreto (BARBOSA, M. S. et al., 2019).

O uso de aditivos superplastificante também é um fator de influência no consumo de água (CECEL et al., 2019; MENEZES et al., 2007; PELISSARI et al., 2020). Todo o processo de produção do concreto, atualmente, conta com a adição dos plastificantes e superplastificantes, para redução do tempo de pega, ou para permitir uma melhor trabalhabilidade do concreto, e, também, são utilizados para diminuir a adição de água na mistura (CECEL et al., 2019 p.13). Essa informação quando associada ao levantamento do consumo de água das Usinas permite deduzir que a utilização de plastificantes e de superplastificantes na mistura impactam no consumo de água.

Todos os componentes da mistura do concreto provêm de fontes finitas e muitos estudos estão em andamento para propor alternativas ao seu uso, seja por meio de substituições por outros elementos finitos (AMIANTI, 2005; BANDEIRA et al., 2019; BARBOSA et al., 2019; CECEL et al., 2019; MENEZES et al., 2007; PELISSARI et al., 2020), ou seja, pela prática da reciclagem ou reaproveitamento de componentes descartados por outras práticas industriais. Porém um dos componentes que não possui equivalente e pesquisas estão em andamento na busca pela redução de seu volume dentro da mistura é a água. Mas para propor a redução do consumo de água é necessário, em primeiro lugar, conhecer qual é consumo mínimo de água que garanta as propriedades necessárias do concreto, e quais fatores podem influenciar no maior ou menor consumo de água.

O trabalho de pesquisa, aqui, executado foi nessa direção. Em um primeiro momento, munido de ferramentas de pesquisa, se aproximou das Usinas de concreto em uma pesquisa de campo e pôde conhecer as práticas e os elementos que cada

uma delas utiliza na produção de concreto. Baseado nas diferenças e semelhanças entre as Usinas pesquisadas foi possível construir algumas hipóteses acerca da questão de quais são os principais fatores de influência no consumo de água pelas Concreteiras. Os dados obtidos na presente pesquisa foram primários, o que o distingue de outros trabalhos consultados em que todos os dados eram secundários, isso é, eram provenientes de outras pesquisas (MACK-VERGARA; JOHN, 2017; MACK-VERGARA, 2019).

O que pode ser destacado é com relação a utilização do tipo de agregado miúdo na mistura do concreto de cada usina. Cada uma utiliza uma variação de tipo de agregado miúdo, o que, segundo a bibliografia (JACINTHO, 2019; KURZ; PALIGA; TORRES, 2018; PELISSARI et al., 2020) é um fator de maior ou menor consumo de água. O que ficou evidenciado ao observar as usinas que utilizam areia de britagem é que esse elemento afeta no consumo de água, uma vez que esse tipo de areia é mais seca.

Desta maneira, após o trabalho de pesquisa, análise dos dados primários obtidos e o levantamento do consumo de água das Usinas no período de seis meses, como amostra, é possível indicar que um dos fatores de influência de consumo de água na produção do concreto usinado, se não o principal, o de maior impacto, é o tipo de agregado miúdo utilizado na mistura. Uma vez que os agregados miúdos correspondem a quase 40% do volume do concreto, suas qualidades relativas à umidade e absorção de água são diferenciais no resultado final do consumo de água para a produção do concreto, e portanto o tipo e qualidade do agregado miúdo é um fator de influência no consumo de água para a produção do concreto usinado.

REFERÊNCIAS

- ABDELGADER, H. S.; SAUD, A. F.; OTHMAN, A. M.; FAHEMA, A. H. Concrete Mix Design Using Double Coating Method. **Civil and Environmental Research**, [S. l.], v. 5, n. November, p. 27–30, 2013.
- ABI RACHED, Chennyfer Dobbins; ROVAI, Ricardo Leonardo; LIBERAL, Marcia De Mello Costa De. Ambiente e Saúde na Construção Civil: Prática d Modelo Diamante para os Projetos de Sustentabilidade. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 7, n. 3, 2018.
- ALMEIDA, Rita; LOPEZ, José Angel Perez; ABREU, Rute. Water as a Public or Private Good: The Future of Water. *In*: CAPALDI, Nicholas; IDOWU, Samuel O.; SCHMIDPETER, René; BRUECKNER, Martin (org.). **Responsible Business in Uncertain Times and for a Sustainable Future**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 129–143.
- ALVES, Renilson Pinto; COSTA, Daniel; BARACUY, Daniel; CAMPOS, Cunha. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DE POÇOS FREÁTICOS , DE CIDADE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO , UTILIZADAS COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO NA PRODUÇÃO LOCAL DE CONCRETO E. *In*: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO 2018, Natal. **Anais [...]**. Natal: CONADIS, 2018.
- AMIANTI, Marcelo. **Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-fabricado**. 2005. Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2005.
- ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual: versão atualizada**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2019.
- ANGELIN, Andressa Fernanda. **Concreto leve estrutural - Desempenhos físicos, térmicos, mecânicos e microestruturais**. 2014. Universidade Estadual de campinas, [S. l.], 2014.
- APPIO, Jucelia; STREHER, Tatielle; FRIZON, Nelson Natalino; SCALABRIN, Andrius Ivo; MARCON, Déborah Luiza. Comportamento do consumidor ecologicamente consciente : análise sob a ótica do modelo de Straughan e Roberts. **Revista Perspectivas Contemporâneas**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 142–163, 2019.
- ARAÚJO, Lucas Emanuel Fernandes; CARVALHO, Felipe Melo; SANTANA, Klinger Aguiar De; RODRIGUES, Maycon Douglas Alves; SALES, Juscelino Chaves. A FALTA DE CONTROLE DOS AGREGADOS MIÚDOS EM DIFERENTES OBRAS DE SOBRAL / THE LACK OF CONTROL OF KIDS AGGREGATES IN DIFFERENT WORKS IN SOBRAL. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 9, p. 67714–67723, 2020.
- ASSI, Marcos. **Gestão de Riscos com Controles Internos: Ferramentas, Certificações e Métodos Para Garantir a Eficiência dos Negócios**. São Paulo: Saint Paul Editora, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

TÉCNICAS-ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900-3: Água para amassamento do concreto Parte 3: Avaliação preliminar**. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 14040:2006: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, Brasil.

BANDEIRA, Jorge Luiz Saes; FONSECA, Franklin Luiz; GUIMARÃES, Andre Tavares da Cunha; GONÇALVES, Margarete Regina Freitas. Desenvolvimento de método para avaliação do grau de saturação em concretos revestidos com argamassa. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 158–166, 2019.

BARBOSA, Marcella De Sena et al. Produção de Concreto de Alto Desempenho (CAD) com adição de pó de pedra. **Revista InterScientia**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 200–217, 2019.

BARBOSA, Uende da Silva; SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; LAUAR, Guilherme Taroni; RIBEIRO, Paulo Toledo. Reutilização do concreto como contribuição para a sustentabilidade na construção civil. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], p. 383–397, 2018.

BARTHOLLO JUNIOR, Reginaldo Mello. A Importância do Gerenciamento de Risco em Resíduos Sólidos na Construção Civil. **Boletim do Gerenciamento**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 31–41, 2019.

BATISTA, Agleilson Souto; MORAES, Ionete Cavalcante; ALBUQUERQUE, José de Lima; CORREIA NETO, Jorge da Silva. Gestão Ambiental nas Universidades Públicas Federais: A Apropriação do Conceito de Desenvolvimento Sustentável a Partir da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P). **ID on line REVISTA DE PSICOLOGIA**, [S. l.], v. 13, n. 44, p. 276–292, 2019.

BELLIS, Mary. **The History of Concrete and Cement**. 2006. Disponível em: <http://theinventors.org/library/inventors/blconcrete.htm>. Acesso em: 5 jul. 2019.

BOHANA, Mirela C. R.; FERNANDEZ, José Luiz Borja; MARCHI, Cristina M. D. F. A importância do manejo dos resíduos sólidos da construção e demolição para viabilizar usinas de reciclagem no Brasil. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [S. l.], v. marzo, p. 1–16, 2019.

BOLOGNINI, Enio José. **Idealizações de um programa baseado em redes neurais para dosagem de concreto**. 2016. Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2016.

BORGES, Ana Paula Silva Nascentes; MOTTA, Leila Aparecida de Castro; PINTO, Eliane Bernardes. Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais e de polipropileno para uso em paredes estruturais. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S. l.], v. 24, n. 2, 2019.

BORGES, Julia Bastos; TEIXEIRA, Simonne. Água Virtual à Luz da Justiça Ambiental. In: 7 ENCONTRO INTERNACIONAL DE POLITICA SOCIAL 2019, Vitória. **Anais [...]**. Vitória p. 1–15.

BRANSKI, Regina Meyer; FRANCO, Raul Arellano Caldeira; LIMA JR., Orlando Fontes. Metodologia de Estudos de Caso Aplicada à Logística. *In: XXIV CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE 2010*, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ANPET, 2010. p. 1–12.

BRUM, Adriana Kirchof De; FRAINER, Daniel Massen; SOUZA, Celso Correia; REIS NETO, José Francisco Dos. Análise do fluxo de Água virtual: uma abordagem a partir da balança comercial de Mato Grosso do Sul. **Interações (Campo Grande)**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 297, 2019.

BUENO, Cristiane. **Avaliação de ciclo de vida na construção civil: análise de sensibilidade**. 2014. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2014.

CABRAL, Marsis; AZEVEDO, Paulo Brito Moreira De; CUCHIERATO, Gláucia; MOTTA, José Francisco Marciano. Estudo Estratégico da Cadeia Produtiva da Indústria Cerâmica no Estado de São Paulo: Parte I Introdução e a Indústria de Cerâmica Vermelha. **Cerâmica industrial**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 20–34, 2019.

CECEL, R. T.; ABRÃO, P. C. R. A.; CARDOSO, F. A.; JOHN, V. M. Consumo de aditivo superplastificante em diferentes cimentos e a eficiência dos ligantes. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, [S. l.], v. 12, n. 6, p. 1260–1287, 2019.

CHRIST, Roberto; PACHECO, Fernanda; SIMONETTI, Camila; TUTIKIAN, Bernardo F. Conceitos e aplicações do concreto de ultra alto desempenho: panorama nacional e internacional. **Revista Diálogos: Economia e Sociedade; n. 1 (2019): Edição especial**, [S. l.], n. 1, 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA. **Resolução N° 430/2011: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**. Brasília Ministério do Meio Ambiente, , 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>.

CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONSEMA N° 355/2017: Dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul**. Consema Porto Alegre Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, , 2017.

CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO N° 419/2020 : Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, , 2020.

COURA, Ana Flávia Andrade; CORDEIRO, Juni; QUINTÃO, Pablo Lopes; SANTOS, Charles Ianne Ferreira Dos. Gerenciamento de recursos hídricos em empresas localizadas no Distrito Industrial de Itabira – MG. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 55, 2019.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves; MOURA, Ruan Carlos A. O Concreto Como Material De Construção. **Cadernos de Graduação**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 119–124, 2015.

CURTIS NETO, João Antonio. **Estudos tecnológicos de rochas da intrusão de limeira, visando aplicação como agregados em obras de engenharia**. 2019.

Universidade de São Paulo, [S. l.], 2019.

DELGADO, Marcos Vinícius Araujo. Racionalidades na construção de um plano de mobilização de recursos como requisito para a sustentabilidade – estudo de caso da associação amigos na cultura. **Revista de Estudos e Pesquisas Avançadas do Terceiro Setor**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 99–131, 2018.

DU PLESSIS, Chrisna. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**. Pretoria: CSIR Building and Construction Technology, 2002.

DUTRA, Marina Bedeschi. **Produção de concreto com areia de granulometria ótima obtida do resíduo da mineração de quartzo**. 2015. Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2015.

EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto Pré-Moldado. Fundamentos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FIGUEREDO, Rafael Oliveira; SILVA, Pedro Vitor Ildefonso Da; SOSSMEIER, Kelly Daiane; SANTOS, Ana Carolina Parapinski Dos. Análise da resistência de argamassas fabricadas com água submetida a campos magnéticos de diferentes magnitudes. **Revista Brasileira de iniciação científica**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 4–17, 2019.

FORMIGONI, Micheli Warmling; GODINHO, Daiane dos Santos da Silva; JUNCA, Eduardo; ANTUNES, Elaine Guglielmi Pavei. Substituição Do Cimento Portland Por Resíduo De Placa Cerâmica Em Argamassa. **Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 62–67, 2019.

FRANÇA, Silvia C. A.; BRAGA, Paulo F. A.; COUTO, Hudson J. B.; GONÇALVES, Caroline C. Vermiculita, mais que um mineral termo acústico. *In*: IV SIMPÓSIO DE MINERAIS INDUSTRIAIS DO NORDESTE 2016, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: CETEM/MCTI, 2016. p. 126–136.

FUSCO, Pericles Brasiliense. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. São Paulo: Pini, 2008.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Adailton de Oliveira; NEVES, Célia Maria Martins. Proposta de método de dosagem racional de argamassas contendo argilominerais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 19–30, 2002.

GOMES, Danielle Leal Barros; MAGALHÃES, Vitória Barros de Sá. Análise de aspectos e impactos ambientais causados pela construção civil. *In*: 3 CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS 2018, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Eventos & Editora, 2018.

GU, Ying-Kui; CHENG, Zi-xin; QIU, Guang-qi. An improved FMEA analysis method based on QFD and TOPSIS theory. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 617–626, 2019.

HAMMES, Raissa; ZYDECK, Raquel; PEDROSO, Eder; KOSTESKI, Luis Eduardo. Análise estatística da substituição da areia natural por pó de pedra no concreto. *In*: 10º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE2 2018, Santana do Livramento. **Anais [...]**. Santana do Livramento: Universidade

Federal do Pampa, 2018. p. 909–916.

HELENE, Paulo. Dosagem dos concretos de cimento Portland. *In: Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005.

HELENE, Paulo; TUTIKIAN, Bernardo F. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. **Concreto: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, n. 1927, p. 415, 2011.

HIGUCHI, Adma Magni Darwich. **Estudo do desempenho do resíduo de vidro moído como material cimentício suplementar para aplicação em concreto autoadensável de alto desempenho**. 2018. Universidade Federal do Amazonas, [S. l.], 2018.

HOEKSTRA, Arjen Y. **The Water Footprint of Modern Consumer Society**. London: Routledge, 2013.

HOEKSTRA, Arjen Y.; CHAPAGAIN, Ashok K.; ALDAYA, Maite M.; MEKONNEN, Mesfin M. **The Water Footprint Assessment Manual: setting the Global Standard**. Cornwall: TJ International Ltd, 2011.

HOEKSTRA, Arjen Y.; HUNG, P. Q. **Virtual water trade Value of Water**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report11.pdf>.

INÁCIO, Fernanda Caetano; MATEUS, Nathália Nunes Gonçalves; SILVA, João Divino dos Santos; SILVA, Marcelo Jacomini Moreira Da; TAGLIAFERRO, Evandro Roberto. Reabilitação de estrutura de concreto armado em edifícios de pequeno porte. **Organizações e Sociedade**, [S. l.], v. 8, n. 9, p. 3, 2019.

JACINTHO, Ana Elisabete P. G. A. Módulo de elasticidade de concretos com agregados reciclados. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S. l.], v. 24, n. 2, 2019.

KIBERT, Charles J. The next generation of sustainable construction. **Building Research & Information**, [S. l.], v. 35, n. 6, p. 595–601, 2007.

KURZ, Mônica; PALIGA, Charlei; TORRES, Ariela. ESTUDO DO TEOR DE SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DE BORRACHA EM ARGAMASSA DE CIMENTO E CAL [Study of the replacement content of small aggregate by rubber residue in cement and lime mortar]. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S. l.], v. 14, n. 2 SE-Construção Civil, 2018.

LA SERNA, Humberto Almeida; REZENDE, Márcio Marques. Agregados para a Construção Civil. **Sumário Mineral do Brasil**, [S. l.], n. 11, p. 602–635, 2009.

LIMA, Caio Ivson Vasconcelos; COUTINHO, Carlos Otávio Dantas; AZEVEDO, Gabriel Gama Carnaúba; BARROS, Tarsys Yuri Gomes; LIMA, Sandovânio Ferreira De; TAUBER, Thiago Campos. Concreto e suas inovações. **Ciências exatas e tecnológicas**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 31–40, 2014.

LIMA, Daniel; FREITAS, Jorge Luiz De; SANTOS, Diego; SCHEID, Pedro; MENDES, André; BRITO, Charles De. Analysis of the influence of cure types on light concrete with expanded polystyrene pearls - EPS. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, [S. l.], v. 5, n. 18 SE-Articles, 2019.

LIMA, Rodolfo Alves Pamplona De; CANDIDO, Luíza Lilandra Teixeira; SILVA, Érika Lira Da; CANDIDO, Raimundo Alves; VIEIRA, Allan Sarmento. Cálculo da pegada hídrica total em uma empresa da construção civil localizada no semiárido nordestino. *In: XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE 2015*, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. p. 1–10.

LIMA, Francisco Mariano da Rocha de Souza. **A formação da mineração urbana no Brasil: reciclagem de RCD e a produção de agregados**. 2013. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2013.

LOPES, Herbert Medeiros Torres; PEÇANHA, Ana Carolina Corsi; CASTRO, Alessandra Lorenzetti De. Considerações sobre a eficiência de misturas de concreto de cimento Portland com base no conceito de empacotamento de partículas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S. l.], v. 25, n. 1, 2020.

LOPES, Vando Ferreira; RODRIGUES, Gislene Salim; PAINES, Patrícia de Andrade; POSSAMAI, Osmar. Barreiras de segurança para projetos de produtos mais sustentáveis com aplicação de FMEA. **Iberoamerican Journal of Project Management**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 188–205, 2018.

LUZ, Adão Benvindo Da; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos De. Operações de lavra de areia. *In*: LUZ, Adão Benvindo Da; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos De (org.). **Manual de agregados para a construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2012.

LUZ, Adão Benvindo Da; FRANÇA, Silvia Cristina Alves; BRAGA, Paulo Fernando Almeida. **Tratamento de Minérios**. 6. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

LUZ, Adão Benvindo Da; SAMPAIO, João Alves. Operações de beneficiamento de rochas. *In*: LUZ, Adão Benvindo Da; ALMEIDA, Salvador Luiz Matos De (org.). **Manual de agregados para a construção civil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012.

MACK-VERGARA, Yazmin L.; JOHN, Vanderley M. Life cycle water inventory in concrete production—A review. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 122, p. 227–250, 2017.

MACK-VERGARA, Yazmin Lisbeth. **Concrete water footprint : a streamlined methodology**. 2019. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2019.

MANCIO, Mauricio; KIRCHHEIM, A. P.; MASUERO, A. B. Use of high-calcium Ladle slag as a partial limestone substitute for clinker manufacturing with reduced CO₂ emissions. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS ON THE CHEMISTRY OF CEMENT (ICCC) 2011, Madrid. **Anais [...]**. Madrid: International Congress on the Chemistry of Cement., 2011.

MANGE, Igor; SILVA, Werlan Gomes Da; MIRANDA, Mateus Zanirate De. Avaliação técnica e econômica entre o concreto usinado e o Concreto in loco. *In*: XI FÓRUM ACADÊMICO DA FACULDADE VÉRTICE - UNIVÉRTIX 2018, Matipó. **Anais [...]**. Matipó: FACULDADE VÉRTICE – UNIVÉRTIX, 2018.

MARACAJÁ, Kettrin Farias Bem; SILVA, Vicente De Paulo Rodrigues; DANTAS NETO, José; ARAÚJO, Lincoln Eloi De. PEGADA HÍDRICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 113, 2012.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do Trabalho Científico: projetos de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARQUES, Cristian Teixeira. **Sustentabilidade empresarial aplicada à construção civil : identificação de estratégias para implantação**. 2018. Universidade de Passo Fundo, [S. l.], 2018.

MARQUES, Cristian Teixeira; GOMES, Bárbara Maria Fritzen; BRANDLI, Luciana Londero. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do

diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 17, n. 4, 2017.

MARTIN, Loosemore; PERRY, Forsythe. Sustainable Construction Technology Adoption. *In: Sustainable Construction Technologies*. [s.l.] : Elsevier, 2019. p. 299–316.

MARTINS, Alexandre Augusto. **Liberdade estática, razão estética: permeabilidades entre arquitetura e engenharia na obra de Oscar Niemeyer**. 2015. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2015.

MASUELA, Fábio Blas. **Resistência dos materiais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2017.

MEDEIROS, Rubens Martendal; PEREIRA, Jaiane Aparecida. Gestão estratégica da produção e operações: um estudo sobre a fabricação de concreto usinado. *In: II ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO 2018*, Naviraí/MS. **Anais [...]**. Naviraí/MS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2018. p. 2–6.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2014.

MELO JÚNIOR, Ariston Silva; RIBEIRO, Kleber Aristides; PEREIRA, Caique Diego; CHAVES, Jeú Souza; CARLOS, Marcelo Augusto Martini; REIS, Natalia Pereira Rocha Dos. Análise do padrão de qualidade para reuso de água em canteiro de obras. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, [S. l.], v. 7, n. 1, 2019.

MENEZES, Antonio Armando Santos; LIMA, Camila Silva; SILVA, Liliane Souza; ROCHA, Felipe L'amour; CARVALHO, Evelin Lavigne; SILVA, Michele Campos Da; ARAUJO, Paulo Jardel Pereira. Programação para análise do custo benefício entre a utilização de concreto usinado e concreto feito em obra. **Cadernos de Graduação**, [S. l.], v. 1, n. 17, p. 71–81, 2013.

MENEZES, R. R.; DE ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L.; FERREIRA, H. S. C.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. S. C. Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim na produção de blocos e telhas cerâmicos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 226–236, 2007.

MOLINA, Márcia Cristina Gomes. Desenvolvimento sustentável : do conceito de desenvolvimento aos indicadores de sustentabilidade. **RMGC – Revista Metropolitana de Governança Corporativa**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 74–93, 2019.

MORESI, Eduardo. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003.

MOTTA, Wladimir Henriques. **Ciclo de Vida do Produto e a Geração de EcoInovações: desafios para o Brasil**. 2016. Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2016.

MUNIZ, Carolina Vivian Ferreira. **Análise da fundamentação da avaliação do ciclo de vida consequencial**. 2012. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2012.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

NEVILLE, Adam M.; BROOKS, Jennifer J. S. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto

Alegre: Bookman, 2013.

OLIVEIRA, Caroline Oliveira; MACIEL, Geraldo de Freitas; CASTRO, Alessandra Lorenzetti De; BARBOSA, Mônica Pinto; CAMPOS, Renan Serralvo. Impacto do conceito de empacotamento de partículas na dosagem de concretos de alto desempenho. **Revista Matéria**, [S. l.], v. 23, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, Jairo Cardoso De; FARIA, Ana Cristina De. Impacto econômico da construção sustentável: a reforma do Estádio do Mineirão. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S. l.], v. 11, n. 0, p. 1–14, 2019.

OLIVEIRA, Marcio De. **A produção mais limpa como ferramenta de gestão ambiental para as indústrias do município de Juiz de Fora**. 2006. Universidade Federal de Juiz de Fora, [S. l.], 2006.

PALA, Luiz Otávio de Oliveira. **Revisitando a estimação de coeficiente de determinação**. 2019. Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2019.

PAULA, Heber Martins De; ILHA, Marina Sangoi Oliveira. Uso da moringa oleifera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 50–60, 2016.

PELLISSARI, Viviane; MATOSKI, Adalberto; ALBERTI, Mauro Edson; MEDEIROS, Arthur. Absorção de água de amassamento em concretos produzidos com agregados reciclados. **Brazilian Applied Science Review**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 51–69, 2020.

PERÁCIO, Luis Henrique Rossi; DUARTE, Fernanda Figueiredo; FERREIRA, Telma Ellen Drumond; FERREIRA, Eugênio Estáqui; ALEXANDRINO, Júnia Soares. Simulação de um circuito de britagem para a produção de areia de britagem a partir de brita 0 (zero) gnaíssica. **Brazilian Applied Science Review**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 721–732, 2019.

PINTO, Rodrigo Barcelos; FABRÍCIO, Edmar Pereira; BRUM, NelciDenti; KÖHLER, Felipe Ariel. Resíduos da Construção Civil: matéria prima verde a ser investigada. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 1339–1351, 2019.

PISSOLATO JUNIOR, Osvaldo. **Argamassa de revestimento utilizando areia proveniente da britagem de resíduo de construção civil**. 2016. PUC-Campinas, [S. l.], 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar De. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas de Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

QUININO, Roberto C.; REIS, Edna A.; BESSEGATO, Lupércio F. Using the coefficient of determination R^2 to test the significance of multiple linear regression. **Teaching Statistics**, Nova Jersey, v. 35, n. 2, p. 84–88, 2013.

RAMADON, Luís Fernando. **A extração ilegal de areia no Brasil e no Mundo**. Rio de Janeiro: academia.edu, 2018.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Dosagem e Controle da Qualidade de Concretos Convencionais de Cimento Portland**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017.

RECUERO, Júlio César. Areia. In: BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM (org.). **Sumário Mineral Brasileiro**. 36. ed. Brasília: DNPM, 2016. p. 26–27.

REIS, Fabrício de Almeida Silva. Importância da proteção ambiental frente à estruturação do princípio do desenvolvimento sustentável em sua base constitucional. **Meritum**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 1–15, 2018.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, society and development**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 1–18, 2019.

SANCHES, Bianca C.; CARVALHO, Emily S.; GOMES, Fabio Fonseca Barbosa. A indústria 4.0 e suas contribuições à sustentabilidade. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada - UNG-Ser**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 48–55, 2019.

SANTOS, Ana Glécia Silva; JORGE, Gustavo Pires do Nascimento; CAVAIGNAC, André Luís de Oliveira. FMEA como ferramenta de identificação dos riscos ao trabalhador da construção civil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 19–34, 2019.

SATOSHI, Emilia; SEO, Miyamaru; KULAY, Luiz Alexandre. Avaliação do Ciclo de Vida : Ferramenta gerencial. **Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–23, 2006.

SCATOLIN, Alex; DALAZEN, Gustavo Corradi; ALMEIDA, Matheus Valdir Grandó De; CORTTI, Wesley Matheus; BALDISSERA, Anderson; ANSCHAU, Cleusa Teresinha. PROJETO DE UM TRANSPORTADOR E PREPARADOR DE CONCRETO. **Anais da Engenharia Mecânica / ISSN 2594-4649; v. 4 n. 1 (2019): 2019/1**, [S. l.], 2019.

SCHMITZ, Anelise; LIBRAGA, Juliano; SATTLER, Miguel Aloysio. Avaliação de impactos ambientais de uma edificação. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 31–42, 2019.

SILVA, Christian Luiz Da; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi; LIMA, Isaura Alberton De; SILVA, Maclovio Corrêa Da; AGUDELO, Líbia Patrícia Peralta; PIMENTA, Rosângela Borges. **Inovação e Sustentabilidade**. Curitiba: Aymarã Educação, 2012.

SILVA, Diogo Hilário Da; SANTANA, Edjane da Silva; SILVA, Jessica Ferreira Tiburcio; ALMEIDA, Suelane; LIMA, Sandovânio Ferreira De. Construção Sustentável Na Engenharia Civil. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 89–100, 2018.

SILVA, Nézio José Da; ALMEIDA, Liriane Elize Defante Ferreto De. Pesquisa exploratória em gestão das organizações. *In*: III CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS 2014, Francisco Beltrão/PR. **Anais [...]**. Francisco Beltrão/PR p. 1–5.

SILVA, Eduína Carla; FILHO, Célio Bezerra da Silva. Utilização ambientada da metodologia FMEA e BPMN para elaboração de melhorias no serviço: estudo de caso em uma empresa do setor de food service. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2019.

SOUSA, Antonio José Figueiredo Peva De; LOPEZ, Andre Porto Ancona; ANDRADE, Sonia Cruz-Riascos De. Metodologia , método e técnica de investigação científica em Ciência da Informação. *In*: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO 2008, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ANCIB, 2008. p. 1–14.

SOUZA, Amanda Silva; CARVALHO, Carlos Mavíael De. Concreto autoadensável de baixa densidade para aplicação em painéis de vedação pré-fabricados.

InterScientia, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 75–91, 2017.

SOUZA, George Henriques De; ABREU, Márcia Suzana Dutra De; SODRÉ, Marcelle Afonso Chaves; MACIEL, Tuanny da Silva; SILVA, José Martinho de Albuquerque; RIBEIRO, Maria Adriana de Freitas Mágero. Reboco de gesso na construção civil : considerações sobre pegada hídrica. **Revista Campo de Saver**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 194–206, 2018.

SOUZA, Luiz Antonio Pereira De. Mapeamento de jazidas de areias em rios.

Agregados, [S. l.], n. 4, p. 18–20, 2015.

STEIN, Kássio Joe; GRAEFF, Ângela Gaio. Experimental analysis on the combined effects of corrosion and fatigue in reinforced concrete beams. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 69–81, 2019.

TRUJILLO FERRARI, Alfonso. **Metologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1982.

UNESCO. **Fatos e Dados: Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 4 O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco**. United Nations World Water Assessment Programme. [s.l.: s.n.].

UNESCO. **The United Nations world water development report 2019: leaving no one behind**. Paris: UNESCO, 2019.

USGS. **Mineral Industry Surveys:US Geological Survey**. Reston, Virgínia.

VALIN JR, Marcos de Oliveira; ALVES, Diego Henrique Corrêa; ISHII, Francine Maky; GUINDANI, Gabriela Gonçalves; MORAIS, Herminio Augusto de Souza; SILVA, Fabio Luiz da Cruz. Influência de diferentes climas urbanos na qualidade do concreto. **Revista Engenharia e Construção Civil**, Curitiba, v. 3, n. January, p. 40–54, 2016.

VALPORTO, Mariana Sousa; AZEVEDO, Patrícia Silva. Gestão do design na identificação dos fatores de impactos ambientais da construção civil. **Estudos em Design**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 124–151, 2016.

VEIGA, José Eli Da. Deplorável Inércia. **Ciência e Cultura**, [S. l.], v. 71, n. 1, p. 27–33, 2019.

VIEIRA, Flávio de Lima. **Estudo da viabilidade do resíduo proveniente das porcelanas de isoladores para utilização em concretos bombeáveis estruturais**. 2017. Universidade Federal de Goiás, [S. l.], 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso - 5.Ed.: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

ZHOU, Qingji; THAI, Vinh V. Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction. **Safety Science**, [S. l.], v. 83, p. 74–79, 2016.

APÊNDICE A–QUESTIONÁRIO ADAPTADO FMEA APLICADO USINA 1

Lista de Verificação Usina de Concreto

Empresa:Usina 1							
Nome da Pesquisadora: Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira						Data: 15/11/2019	
Requisitos da Norma: ABNT NBR 12655 - 5.3; 5.3.1; 5.3.2; 5.3.3; 5.3.4; 5.3.5							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/NC	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
5.3	Como é feito o armazenamento dos componentes do Concreto?	C	São separados. Agregados miúdos – todos cobertos. Agregados graúdos – ao ar livre – cimento em silo – aditivos em tanques.		Foi realizado registro fotográfico do armazenamento dos componentes do concreto		

5.3	Como é a identificação de cada componente?	C	Os componentes são identificados com placas.				
5.3	Existem documentos de controle dos materiais?	NC	Existem documentos de controle, como por exemplo amostragem de todas as cargas.				
5.3.1	Como é feito o armazenamento do cimento?	NC	O cimento é armazenado completamente em silo, mas sem identificação do tipo, classe e marca do cimento.	Necessária a identificação visual do cimento que estiver sendo utilizado no silo, naquele momento para evitar perda de produção em caso de uma troca de operador. Apesar que o sistema seja automatizado e a identificação esteja no sistema, a norma recomenda que exista identificação	Foi realizado registro fotográfico do armazenamento.		

				<p>visual na parte externa do silo. “O cimento fornecido a granel deve ser estocado em silo estanque, provido de respiradouro com filtro para reter poeira, tubulação de carga e descarga e janela de inspeção. Cada silo deve estar munido de uma identificação com o registro de tipo, classe e marca de cimento contido, e sua configuração interna deve ser tal que induza o fluxo desimpedido do</p>			
--	--	--	--	---	--	--	--

PPGEC : Av. Unisinos, 950 Sala C01 306
 CEP 93022-750 - São Leopoldo – RS – Brasil
 Fone: (51) 3590 8766ppgec@unisinos.br

NBR 12655	NBR 7212	NBR 7211	MTE-NR 11	MTE-NR 25	NBR 14001
Concreto - Controle, Preparo e Recebimento	Execução de concreto dosado em central	Agregado para concreto	Transporte, movimentação, Armazenagem	Resíduos Sólidos e Gasosos	Gestão Ambiental

				cimento até a boca de descarga, sem gerar áreas mortas.”(NBR16255)			
5.3.1	Como é feito o controle de recebimento e utilização?	C	O controle é feito com lacre. Com nota fiscal. Com coleta de amostra para realizar ensaios.				
5.3.1	Qual é o período de estocagem máximo?	C	Período máximo de armazenamento no silo de 3 dias.				
5.3.1	O cimento é fornecido em sacos ou a granel?	C	O cimento é fornecido a granel.				
5.3.1	Como é feito o armazenamento do cimento a granel?	C	O armazenamento é feito em silo de 120 toneladas.				
5.3.2	Como são estocados os agregados?	C	Os agregados miúdos são estocados em baía coberta com drenagem. Os agregados graúdos				

			são estocados em baia aberta.				
5.3.2	Existe separação por granulometria?	C	Existe separação por granulometria.				
5.3.3	Como é feito o armazenamento da água para a mistura do concreto?	C	O armazenamento é feito em caixas d'água. Em 8 caixas de 80 mil litros cada.				
5.3.4	Como é o procedimento de utilização e estocagem dos aditivos?	C	Os aditivos são utilizados automaticamente dos tanques. Medidos a peso por uma balança. Tendo validade máxima por um ano, mas duração mínima na Usina de 60 dias e máximo de 90 dias. Cada tanque tem capacidade para 12 mil litros.	Segundo a norma NBR 12655: “quando não forem utilizados em sua embalagem original, devem ser transferidos para um recipiente estanque, não sujeito à corrosão, protegido contra contaminantes ambientais e provido de agitador, de forma a impedir	Foi realizado registro fotográfico do armazenamento dos aditivos.		

				a decantação dos sólidos.”			
5.3.4	Como é caracterizada a embalagem dos aditivos?	C	Não há embalagem. É fornecido a granel e armazenado nos tanques.	Segundo a norma NBR 12655: “ O recipiente para o armazenamento de aditivos deve estar munido de identificação que permita sua rastreabilidade.”			
5.3.5	Como são armazenados a sílica ativa e outros materiais pozolânicos?	C	O material pozolânico utilizado pela Usina é a cinza volante, armazenada em silo por pressão, recebida a granel.				
5.3.5	Há processo de identificação de cada um deles?	C	Os silos são identificados pelo sistema de automação da Usina.				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	13				
Não Conformidade - NC		soma	2				

Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):
Documentos/Registros Anexos:

Requisitos da Norma: ABNT NBR 7212- 3.15 ; 4.1.3; 4.1.5 ; 4.2 ; 4.3 ; 4.3.1 ; 4.3.2 ; 4.3.3 ; 4.3.4 ; 4.3.5 ; 4.4 ; 4.4.3 ; 4.4.4 ; 4.5.1 ; 4.5.2 ; 4.6 ; 5.2.1.1 ; 5.2.2 ; 5.2.3 ; 5.2.4 ; 5.2.5 ; 5.2.6 ; 5.3 ; 8							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/NC	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.1.3	Qual é a procedência da água utilizada na Usina?	C	A água da usina é proveniente de poço artesiano com medidor de consumo controlado por órgão regulador.				
4.1.3	É utilizada água de reuso?	C	Não				
4.1.3	Existe poço de água?	C	Sim				
4.1.3	Como é armazenada a água para uso no concreto e outras utilizações, como lavagem de peças?	C	A água para o uso do concreto é armazenada em				

			reservatório específico. Para a lavagem de peças é utilizada água do poço, mas de outro reservatório.				
4.1.5	Existem outros materiais que entram na composição do concreto?	C	Sim. Quando solicitados em projeto e pelos clientes.				
4.1.5	Quais são e como são armazenados?	C	Fibras. Impermeabilizantes. Plastificantes. Cristalizante. São armazenados em galpão fechado por 2 ou 3 dias antes do uso.				
4.2	Como é o procedimento de calibração dos equipamentos de dosagem?	C	A calibração dos equipamentos é realizada duas vezes por ano por empresa especializada e credenciada.				
4.3	Existem parâmetros para desvios de dosagem?	NC	Sim				

4.3	Como eles são regulados?	NC	São regulados com teste de carga. Em que são calibradas as células de pesagem.				
4.3.1	Quais os desvios tolerados para a massa dos agregados por lote?	C	Os desvios tolerados são mínimo de 2% e máximo de 3%				
4.3.2	Qual é a tolerância para a variação de quantidade de cimento por lote?	C	O desvio tolerado é de 1,5 %.				
4.3.3	Qual é a tolerância para a variação da quantidade de água por lote?	C	O desvio tolerado é de 3%				
4.3.4	Como é feito dimensionamento do desvio de quantidade de aditivos por lote?	C	O dimensionamento do desvio é quantificado pelo sistema automatizado da Usina.				
4.3.5	Qual é a tolerância para a variação da quantidade de outros materiais por lote?	C	O desvio tolerado é de mínimo de 2% e máximo de 3%				
4.4	Qual é a capacidade de volume de mistura por lote?	C	A capacidade é de até 10 metros cúbicos por processo.				

4.4.3	Como é realizado o enchimento do caminhão-betoneira?	C	O transporte é feito por caminhão betoneira.				
4.4.4	Existem casos em que a mistura é feita parcialmente na Usina?	NC	Existe. E por norma é de 2 horas e meia.				
4.4.4	Como e quando isso acontece?	NC	Não há limite de temperatura. Mas são realizadas todas as medidas para proteger o concreto de intempéries. Como vento e chuva. Com tratamento químico e dosagem adequada de aditivos tanto no inverno como no verão.				
4.5.1	Como é feito o transporte das misturas até os clientes?	C	O transporte é feito por caminhão betoneira.				
4.5.2	Existem parâmetros para o tempo de carregamento, transporte e entrega do concreto usinado?	C	Existe. E por norma é de 2 horas e meia.				

4.6	Qual é o limite de temperatura para o lançamento do concreto?	NC	Não há limite de temperatura. Mas são realizadas todas as medidas para proteger o concreto de intempéries. Como vento e chuva. Com tratamento químico e dosagem adequada de aditivos tanto no inverno como no verão.				
4.6	Como é feito esse controle?	NC	Não existe. Por falta de ação do engenheiro da obra.	Segundo A Norma NBR 7212: “As temperaturas ambientes limites para lançamento do concreto são 10°C e 32°C. Fora desses limites devem ser tomados cuidados especiais.”			

				Dessa forma sugere-se que deve haver um termômetro de temperatura ambiente no caminhão de entrega que auxilie na verificação da temperatura no momento do lançamento.			
5.2.1.1	Quais os critérios para definir prazos e locais de entrega do concreto?	C	Os prazos são definidos conforme a capacidade de fornecimento da Usina. Em espaços em que se possa fornecer o concreto em tempo ideal em que o cliente consiga lançar o concreto em obra.				
5.2.2	Quais as unidades de medida para um pedido e entrega de concreto?	C	Sempre em volume em metros cúbicos (m ³)				

5.2.4; 5.2.5	Quais os volumes mínimos e máximos para a entrega de um lote de pedido de concreto?	C	O volume mínimo solicitado é de 2,5 m ³ mas o volume mínimo para entrega é de 3m ³ . pois não há como misturar menos do que este volume no caminhão betoneira. O volume máximo 9 m ³ .				
5.2.6	Existem casos de entrega de volumes fracionados?	C	Existem casos, em que dependendo do acesso, não havendo condição do caminhão ir com a carga máxima, como em locais com aclives.				
5.2.6	Quais as medidas mínimas de fração?	C	O mínimo é de 3m ³				
5.3	Quais itens compõem o documento de entrega?	NC	DANFE – Documento Auxiliar de Nota Fiscal Eletrônica. No qual consta a especificação do		Solicitado no e-mail emerson@britasinosc oncretos.co m.br o	Engenheiro Emerson Macedo	

			concreto, como abatimento. Endereço, e todas as informações necessárias.		documento para verificação.		
8	Existem cláusulas que contemplem a aceitação/rejeição de um lote de concreto?	NC	Sim. Por exemplo, quando é feita a verificação do abatimento na obra com suplementação de água for superior a 2,5 cm. O lote pode ser rejeitado. Se não for respeitado o tempo máximo de lançamento solicitado pelo cliente (atraso da chegada do concreto na obra), o lote pode ser rejeitado.				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	21				
Não Conformidade -NC		soma	8				

Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):
Documentos/Registros Anexos:

Requisitos da Norma: ABNT NBR 7211 - 4.2 ; 5.2 ; 5.3.1 ; 8.1							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/NC	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.2	Como os agregados chegam na Usina?	C	Os agregados chegam a granel em caminhão ou carreta de 28 toneladas.				
4.2	Existe um sistema de controle e verificação?	C	Sim. Possui balança rodoviária para verificação do peso.		Foi realizado o registro fotográfico da balança.		
5.2	Como é feito o controle de possíveis contaminações dos lotes de agregados?	NC	O controle é feito de forma visual nas areias.				

			Principalmente nas areias regulares. Na areia de britagem e na areia média, todos os ensaios de granulometria são feitos na pedreira.				
5.3.1	É feito algum controle para verificar os índices de sulfatos, cloretos e contaminação dos agregados?	NC	É feito na pedreira anualmente.		Solicitado no e-mail emerson@britasinoco.ncretos.com.br o documento para verificação.	Engenheiro Emerson Macedo	
8.1	Qual é o procedimento de controle de qualidade dos agregados?	C	O controle executado é o de forma e distribuição granulométrica.				

Resultados da Pesquisa

Conformidade - C	soma	3
Não Conformidade - NC	soma	2

Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):

Documentos/Registros Anexos:

NBR 12655	NBR 7212	NBR 7211	MTE-NR 11	MTE-NR 25	NBR 14001
Concreto - Controle, Preparo e Recebimento	Execução de concreto dosado em central	Agregado para concreto	Transporte, movimentação, Armazenagem	Resíduos Sólidos e Gasosos	Gestão Ambiental

--

Requisitos da Norma: MTE NR 25 - 25.2.1; 25.2.3							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/NC	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
25.2.1	Como são tratados os resíduos sólidos e líquidos da Usina? (água utilizada na fabricação do concreto; água utilizada na lavagem das betoneiras; restos de concreto não utilizados)	NC	Os resíduos sólidos provenientes da lavagem dos caminhões são depositados em local determinado e após um tempo são doados para a prefeitura para execução de aterros.				
25.2.3	Os resíduos contaminantes são tratados antes de seu descarte?	NC	Sim.	Segundo a NR 25: Os resíduos sólidos e líquidos de alta toxicidade, periculosidade, os de alto risco biológico e			

				os resíduos radioativos deverão ser dispostos com o conhecimento e a aquiescência e auxílio de entidades especializadas/públicas ou vinculadas e no campo de sua competência. – Desta maneira deve haver um trabalho terceirizado ou com fiscalização externa para atender ao que solicita a norma.			
25.2.3	Qual é o procedimento?	NC	Os resíduos passam por um processo de drenagem da água até terem uma condição de serem transportados para o descarte.	Segundo a NR 25: Os resíduos sólidos e líquidos de alta toxicidade, periculosidade, os de alto risco biológico e os resíduos radioativos deverão ser dispostos com o conhecimento e a aquiescência e auxílio de entidades especializadas/públicas			

				s ou vinculadas e no campo de sua competência. – Desta maneira deve haver um trabalho terceirizado ou com fiscalização externa para atender ao que solicita a norma.			
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C	soma	0					
Não Conformidade - NC	soma	3					
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

Requisitos da Norma: ABNT NBR 14001 - 4.2; 4.3.1; 4.3.2; 4.3.3; 4.4.1; 4.4.2; 4.4.3; 4.4.4; 4.4.5; 4.4.6; 4.4.7; 4.5; 4.5.2; 4.5.2.2; 4.5.3							
Temas de Verificação				Resultado Observado			
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/NC	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo

4.2	A empresa possui uma política ambiental adaptada para a sua atividade?	NC	A empresa respeita e adota as normas gerais de políticas ambientais, como as NRs, mas não tem uma política própria para esta finalidade.	Segundo a Norma NBR 14001: "A alta administração deve definir a política ambiental! da organização e assegurar quedentro do escopo definido de seu sistema da gestão ambiental, a políticaseja apropriada à natureza. escala e impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços." Desta maneira, a Usina ainda não possui uma política ambiental dentro do que especifica a norma.			
4.3.1	A empresa possui métodos e procedimentos para identificar, avaliar, propor ações que venham a minimizar os impactos ambientais?	C	A empresa possui avaliações mensais de seus procedimentos.	Segundo a norma NBR 14001: "A organização deve estabelecer, implementar e manter procedimento(s) para - a) identificar os aspectos ambientais de suas atividades,			

				produtos e serviços, dentro do escopo definido de seu sistema da gestão ambiental, que a organização possa controlar e aqueles que ela possa influenciar, levando em consideração os desenvolvimentos novos ou planejados, as atividades, produtos e serviços novos ou modificados.” Desta maneira é necessário pensar em métodos e procedimentos de avaliação.			
4.3.2	A empresa conhece e aplica as determinações legais e específicas da sua atividade-fim no que se refere ao gerenciamento ambiental?	C	Sim.				
4.3.3	Há programas de metas e objetivos da política ambiental a serem cumpridos?	NC	Sim. Como por exemplo diminuir o tempo de funcionamento dos caminhões betoneira no	Segundo a norma NBR 14001: “A organização deve estabelecer, implementar e manter objetivos e metas ambientais			

			lançamento do concreto em obra, reduzindo conseqüentemente a emissão de CO ₂	documentados, nas funções e níveis relevantes na organização.” Desta maneira a empresa deve ter um plano de metas mais objetivo e mais rigoroso.		
4.4.1	Há uma estrutura mínima na empresa para o gerenciamento ambiental?	NC	Não. Existe um controle anual externo.	Segundo a norma NBR 14001: “A administração deve assegurar a disponibilidade de recursos essenciais para estabelecer, implementar, manter e melhorar o sistema da gestão ambiental. Esses recursos incluem recursos humanos e habilidades especializadas, infraestrutura organizacional, tecnologia e recursos financeiros.” Necessário implantar o sistema de		

				gerenciamento ambiental		
4.4.2	Os profissionais da empresa recebem treinamento específico com referência aos impactos ambientais?	NC	Recebem de maneira bastante superficial.	Segundo a norma NBR 14001: "A organização deve assegurar que qualquer pessoa que, para ela ou em seu nome, realize tarefas que tenham o potencial de causar impacto(s) ambiental(is) significativo(s) identificados pela organização, seja competente com base em formação apropriada, treinamento ou experiência, devendo reter os registros associados." Desta maneira é importante que juntamente a criação de uma política ambiental, conforme a norma também seja implantado um sistema de treinamento.		

4.4.3	Há uma cadeia interna de comunicação sobre ocorrências de impactos ambientais? Há procedimentos para esse fluxo de informações?	NC	Existem relatórios sobre o andamento das obras atendidas e que abrangem o tratamento dado aos resíduos.	Segundo a norma NBR 14001: “Com relação aos seus aspectos ambientais e ao sistema da gestão ambiental, a organização deve estabelecer, implementar e manter procedimento(s) para - a) comunicação interna entre os vários níveis e funções da organização, - b) recebimento, documentação e resposta à comunicações pertinentes oriundas de partes interessadas externas.” Desta maneira é necessária a implantação da política ambiental conforme a norma.			
4.4.4	Como é organizada a documentação da política ambiental?	NC	Não existe uma documentação específica, apenas	Segundo a norma NBR 14001: “A documentação do			

			diretrizes internas para que sejam evitados os vazamentos nas obras.	sistema da gestão ambiental deve incluir - a) política, objetivos e metas ambientais.” Portanto é importante criar uma política ambiental da empresa.			
4.4.5	Como é feito o controle dos registros da gestão ambiental?	NC	Não há gestão ambiental.	Deve criar uma gestão ambiental			
4.4.6	Como é feita a operação da empresa com relação aos cuidados ambientais?	NC	A empresa mantém um curso duas vezes ao ano para seus funcionários sobre as questões ambientais.	Segundo a norma NBR 14001: “A organização deve identificar e planejar aquelas operações que estejam associadas aos aspectos ambientais significativos identificados de acordo com sua política, objetivos e metas ambientais para assegurar que elas sejam realizadas sob condições especificadas por meio de a) estabelecimento, implementação e manutenção de			

				procedimento(s) documentado (s) para controlar situações onde sua ausência possa acarretar desvios em relação à sua política e aos objetivos e metas ambientais.” Deve haver um treinamento específico conforme a implantação de uma política de gestão ambiental.			
4.4.7	Há um planejamento e treinamento para situações de emergência ambiental?	C	Sim. A empresa possui as NRs e os funcionários estão todos habilitados para as situações de emergência.				
4.4.7	Como está especificado o procedimento de resposta?	NC	Existe, mas não está documentado.	Segundo a norma NBR 14001: “A organização deve periodicamente analisar e, quando necessário, revisar seus procedimentos de preparação e resposta à emergência, em			

				particular, após a ocorrência de acidentes ou situações emergenciais. A organização deve também periodicamente testar tais procedimentos, quando exequível.” Desta forma deve haver uma atenção a norma			
4.5	Existem procedimentos de monitoramento e medição dos impactos ambientais oriundos das atividades da empresa?	NC	Muito pouco.	Segundo a norma NBR 140001: “A organização deve estabelecer, implementar e manter procedimento(s) para monitorar e medir regularmente as características principais de suas operações que possam ter um impacto ambiental significativo.” Pode ser implantado um processo mais			

				claro e objetivo para atender a norma.			
4.5.2	Qual é a periodicidade das auditorias internas da política ambiental?	C	A periodicidade é semestral.				
4.5.3	Quando é detectada uma situação de risco ou de não-conformidade com normas, regulações e procedimentos padrão com relação a gestão ambiental, quais são as ações de resposta?	C	Todas as situações detectadas pelas vistorias semestrais e que sejam solicitadas ou orientadas pela equipe de fiscalização, e que a empresa busca se adequar em menor tempo possível.				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	5				
Não Conformidade – NC		soma	10				
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

APÊNDICE B–QUESTIONÁRIO ADAPTADO FMEA APLICADO USINA 2

Lista de Verificação Usina de Concreto

Empresa: Usina 2							
Número de Funcionários Entrevistados: 1							
Nome da Pesquisadora: Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira						Data: 19/11/2019	
Requisitos da Norma: ABNT NBR 12655 - 5.3 ; 5.3.1 ; 5.3.2 ; 5.3.3 ; 5.3.4 ; 5.3.5							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
5.3	Como é feito o armazenamento dos componentes do Concreto?	C	São armazenados conforme o tipo e suas características e em baias com os materiais separados.				
5.3	Como é a identificação de cada componente?	C	Seguem a padronização da ISSO 9000, com				

			placas de identificação				
5.3	Existem documentos de controle dos materiais?	C	Existem. Com identificação de testes e procedência. E são arquivados				
5.3.1	Como é feito o armazenamento do cimento?	C	Cimento vem a granel e são armazenados em silos metálicos.				
5.3.1	Como é feito o controle de recebimento e utilização?	C	É retirada uma amostra de 3 kg do cimento e identificam pela nota fiscal e guardam a amostra por 40 dias				
5.3.1	Qual é o período de estocagem máximo?	C	O giro é rápido. A carga de cimento dura 3 a 4 dias. Há um sistema de não haver estoque grande. Os aditivos são guardados por no máximo 6 meses				

5.3.1	O cimento é fornecido em sacos ou a granel?	C	Granel				
5.3.1	Como é feito o armazenamento do cimento a granel?	C	Em silos metálicos				
5.3.2	Como são estocados os agregados?	NC	Em baias separadas. A cobertura só existe para areias muito finas. As demais são estocadas ao ar livre.				
5.3.2	Existe separação por granulometria?	C	Existe separação por granulometria.				
5.3.3	Como é feito o armazenamento da água para a mistura do concreto?	C	É feito em reservatório. Tem água de reuso. São de fibra ou metálicos.				
5.3.4	Como é o procedimento de utilização e estocagem dos aditivos?	C	Os a granel são guardados em tanques próprios da Usina. Os fornecidos em vasos são mantidos em sua embalagem original.				

5.3.4	Como é caracterizada a embalagem dos aditivos?	C	São identificados em tanques por placas. Com a data de entrada e validade.				
5.3.5	Como são armazenados a sílica ativa e outros materiais pozzolânicos?	C	A sílica vem ensacada em palete e protegidos com plásticos e são estocados em armazém coberto. A cinza leve é colocada em silo metálico.				
5.3.5	Há processo de identificação de cada um deles?	C	Sim. Identificados por placas que indicam o material e sua validade.				

Resultados da Pesquisa

Conformidade - C	soma	14
Não Conformidade – NC	soma	1

Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):

Documentos/Registros Anexos:

Requisitos da Norma: ABNT NBR 7212- 3.15 ; 4.1 ; 4.1.1 ; 4.1.2 ; 4.1.3 ; 4.1.4 ; 4.1.5 ; 4.2 ; 4.3 ; 4.3.1 ; 4.3.2 ; 4.3.3 ; 4.3.4 ; 4.3.5 ; 4.4 ; 4.4.1 ; 4.4.3 ; 4.4.4 ; 4.5.1 ; 4.5.2 ; 4.6 ; 5.1 ; 5.1.1 ; 5.1.2 ; 5.1.3 ; 5.1.4 ; 5.1.5.2 ; 5.2.1.1 ; 5.2.2 ; 5.2.3 ; 5.2.4 ; 5.2.5 ; 5.2.6 ; 5.3 ; 7.1 ; 8

Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.1.3	Qual é a procedência da água utilizada na Usina?	NC	É de poço. Há coleta de água de chuva. Também é fornecida por caminhões pipa				
4.1.3	É utilizada água de reuso?	C	Sim. A água que vem dos caminhões de cimento passa por tanque de decantação e é utilizada em outros concretos.	Água de diferentes origens, conforme a ABNT NBR 15900-1, deve ser armazenada separadamente de acordo com ABNT NBR 12655.			
4.1.3	Existe poço de água?	C	Sim.				
4.1.3	Como é armazenada a água para uso no concreto e outras utilizações, como lavagem de peças?	NC	Reservatórios. A água de reuso sai do decantador para	Água de diferentes origens, conforme			

PPGEC : Av. Unisinos, 950 Sala C01 306
 CEP 93022-750 - São Leopoldo – RS – Brasil
 Fone: (51) 3590 8766ppgec@unisinos.br

NBR 12655	NBR 7212	NBR 7211	MTE-NR 11	MTE-NR 25	NBR 14001
Concreto - Controle, Preparo e Recebimento	Execução de concreto dosado em central	Agregado para concreto	Transporte, movimentação, Armazenagem	Resíduos Sólidos e Gasosos	Gestão Ambiental

			o reservatório em que é misturada com as demais águas. O reservatório é servido por todas as fontes de água: Poço; Chuva e Reuso.	a ABNT NBR 15900-1, deve ser armazenada separadamente de acordo com ABNT NBR 12655.			
4.1.5	Existem outros materiais que entram na composição do concreto?	C	Sim. De acordo com o projeto do cliente.				
4.1.5	Quais são e como são armazenados?	C	Fibras. Aditivos. EPS. EVA. – Cada material vem embalados e paletizados.				
4.2	Como é o procedimento de calibração dos equipamentos de dosagem?	C	Atendem os requisitos da norma 7212. A cada 3 meses.				
4.3	Existem parâmetros para desvios de dosagem?	C	Sim. Seguem a norma.				
4.3	Como eles são regulados?	C	Na central automatizada há a configuração de desvios máximos				

			aceitos. O equipamento informa quando o desvio permitido é excedido para correção. As cargas são feitas em etapas(ciclos) em que a cada ciclo é feita a correção dos desvios dos ciclos anteriores.				
4.3.1	Quais os desvios tolerados para a massa dos agregados por lote?	C	os agregados são medidos em massa, com variação máxima ao final do carregamento, em valor absoluto, de 3% do valor nominal da massa ou 1% da capacidade da balança, adotando-se o menor dos dois valores.				
4.3.2	Qual é a tolerância para a variação de quantidade de cimento por lote?	C	O cimento é medido em massa, com variação máxima ao				

			final do carregamento, em valor absoluto igual a 1% da capacidade da balança, nas dosagens iguais ou superiores a 30% dessa capacidade. Para dosagens inferiores a 30% da capacidade da balança, a variação máxima positiva é de até mais 4% do valor nominal da massa. Em nenhum caso o cimento é dosado conjuntamente com os agregados				
4.3.3	Qual é a tolerância para a variação da quantidade de água por lote?	C	A quantidade total de água tem variação máxima de 3% em relação à quantidade nominal, em valor absoluto.				

4.3.4	Como é feito dimensionamento do desvio de quantidade de aditivos por lote?	C	A variação máxima de dosagem é igual ou inferior a 5 % da quantidade nominal, em valor absoluto.				
4.3.5	Qual é a tolerância para a variação da quantidade de outros materiais por lote?	C	Outros materiais devem ser dosados de acordo com as tolerâncias estabelecidas pelo fornecedor.				
4.4	Qual é a capacidade de volume de mistura por lote?	C	9 metros cúbicos.				
4.4.3	Como é realizado o enchimento do caminhão-betoneira?	C	Na central por meio de esteiras transportadoras. Cimento e aditivos por silos.				
4.4.4	Existem casos em que a mistura é feita parcialmente na Usina?	C	Sim.				
4.4.4	Como e quando isso acontece?	C	Alguns aditivos são colocados em parte antes do lançamento na obra. Acontece para obras que				

			estão sendo executadas em locais mais distantes da Usina. E parte do aditivo superplastificante é adicionado antes do lançamento na obra.				
4.5.1	Como é feito o transporte das misturas até os clientes?	C	O transporte é feito por caminhão betoneira.				
4.5.2	Existem parâmetros para o tempo de carregamento, transporte e entrega do concreto usinado?	C	Sim. A central deve carregar 1 metro por minuto. Tempo máximo de viagem de 150 minutos.				
4.6	Qual é o limite de temperatura para o lançamento do concreto?	C	Seguem a norma. De 4 a 30 graus celsius				
4.6	Como é feito esse controle?	C	Tem termômetro para medir a temperatura da massa do concreto				
5.2.1.1	Quais os critérios para definir prazos e locais de entrega do concreto?	C	Depende de cada caso. Os prazos são definidos				

			conforme a capacidade de fornecimento da Usina. Em espaços em que se possa fornecer o concreto em tempo ideal em que o cliente consiga lançar o concreto em obra.				
5.2.2	Quais as unidades de medida para um pedido e entrega de concreto?	C	Metro cúbico. Com mínimo de 3 metros com múltiplos de meio metro cúbico.				
5.2.4; 5.2.5	Quais os volumes mínimos e máximos para a entrega de um lote de pedido de concreto?	C	De 3 a 9 metros				
5.2.6	Existem casos de entrega de volumes fracionados?	C	Sim. A partir de 3 metros podem ser adicionados meio metro				
5.2.6	Quais as medidas mínimas de fração?	C	Meio metro				
5.3	Quais itens compõem o documento de entrega?	C	Nota fiscal. Relatório de entrega. O documento de entrega que				

			acompanha cada remessa de concreto, além dos itens obrigatórios pelos dispositivos legais vigentes, deve conter: a) quantidade de cada componente do concreto; b) volume de concreto; c) hora de início da mistura (primeira adição de água); d) abatimento do tronco de cone (slump); e) dimensão máxima característica do agregado graúdo; f) resistência característica do concreto à compressão, quando especificada; g) aditivo utilizado, quando for o caso;			
--	--	--	--	--	--	--

PPGEC : Av. Unisinos, 950 Sala C01 306
 CEP 93022-750 - São Leopoldo – RS – Brasil
 Fone: (51) 3590 8766ppgec@unisinos.br

NBR 12655	NBR 7212	NBR 7211	MTE-NR 11	MTE-NR 25	NBR 14001
Concreto - Controle, Preparo e Recebimento	Execução de concreto dosado em central	Agregado para concreto	Transporte, Movimentação, Armazenagem	Resíduos Sólidos e Gasosos	Gestão Ambiental

			h) quantidade de água adicionada na central; i) quantidade máxima de água a ser adicionada na obra; j) menção de todos os demais itens especificados no pedido.				
8	Existem cláusulas que contemplem a aceitação/rejeição de um lote de concreto?	C	Tem sim. O pedido atende em caso tolerâncias de abatimento.				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	27				
Não Conformidade – NC		soma	2				
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

Requisitos da Norma: ABNT NBR 7211 - 4.2 ; 5.2 ; 5.3.1 ; 5.4 ; 8.1							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.2	Como os agregados chegam na Usina?	C	Os agregados são fornecidos em lotes cujas unidades parciais de transporte são individualizadas, mediante uma guia de remessa na qual constam os seguintes dados: a) nome do produtor; b) proveniência do material; c) identificação da classificação granulométrica de acordo com o indicado em 5.1 e 6.1; d) massa do				

			material ou seu volume aparente; e) data do fornecimento.				
4.2	Existe um sistema de controle e verificação?	C	Amostra padrão para comparação visual. Algumas vezes é feita coleta para testes				
5.2	Como é feito o controle de possíveis contaminação dos lotes de agregados?	NC	É visual. O maior foco de contaminação é na areia.				
5.3.1	É feito algum controle para verificar os índices de sulfatos, cloretos e contaminação dos agregados?	NC	Não. Não faz ensaios químicos				
8.1	Qual é o procedimento de controle de qualidade dos agregados?	C	É coletada amostra para análise.				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	3				
Não Conformidade – NC		soma	2				
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

--

Requisitos da Norma: MTE NR 25 - 25.1.1; 25.1.2; 25.2.1; 25.2.3							
Temas de Verificação				Resultado Observado			
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
25.2.1	Como são tratados os resíduos sólidos e líquidos da Usina? (água utilizada na fabricação do concreto; água utilizada na lavagem das betoneiras; restos de concreto não utilizados)	C	A água é totalmente reciclada. Os resíduos sólidos passam por um tanque de decantação. E depois são conduzidos para aterros.				
25.2.3	Os resíduos contaminantes são tratados antes de seu descarte?	C	Há uma empresa terceirizada que recolhe.				
25.2.3	Qual é o procedimento?	C	Empresa terceirizada				

Resultados da Pesquisa		
Conformidade - C	soma	3
Não Conformidade – NC	soma	0
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):		
Documentos/Registros Anexos:		

Requisitos da Norma: ABNT NBR 14001 - 4.2; 4.3.1; 4.3.2; 4.3.3; 4.4.1; 4.4.2; 4.4.3; 4.4.4; 4.4.5; 4.4.6; 4.4.7; 4.5; 4.5.2; 4.5.2.2; 4.5.3							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.2	A empresa possui uma política ambiental adaptada para a sua atividade?	NC	Há uma prática, mas não há uma norma ou política.				
4.3.1	A empresa possui métodos e procedimentos para identificar, avaliar, propor ações que venham a minimizar os impactos ambientais?	NC	Não há uma sistemática. Resolve diante das demandas				
4.3.2	A empresa conhece e aplica as determinações legais e específicas da	C	Aplica				

	sua atividade-fim no que se refere ao gerenciamento ambiental?						
4.3.3	Há programas de metas e objetivos da política ambiental a serem cumpridos?	NC	Não Sabe				
4.4.1	Há uma estrutura mínima na empresa para o gerenciamento ambiental?	NC	Há um técnico.				
4.4.2	Os profissionais da empresa recebem treinamento específico com referência aos impactos ambientais?	NC	Não				
4.4.3	Há uma cadeia interna de comunicação sobre ocorrências de impactos ambientais?	C	Sim.				
4.4.4	Como é organizada a documentação da política ambiental?	C	Fica com o Técnico ambiental				
4.4.5	Como é feito o controle dos registros da gestão ambiental?	NC	Não há uma rotina				
4.4.6	Como é feita a operação da empresa com relação aos cuidados ambientais?	NC	Não há rotina				
4.4.7	Há um planejamento e treinamento para situações de emergência ambiental?	NC	Fica com o Técnico ambiental				
4.4.7	Como está especificado o procedimento de resposta?	NC	Fica com o Técnico ambiental				
4.5	Existem procedimentos de monitoramento e medição dos impactos ambientais oriundos das atividades da empresa?	C	Há uma prática de relatórios de resíduos trimestral.				

4.5.2	Qual é a periodicidade das auditorias internas da política ambiental?	NC	Não há.				
4.5.3	Quando é detectada uma situação de risco ou de não-conformidade com normas, regulações e procedimentos padrão com relação a gestão ambiental, quais são as ações de resposta?	NC	Direção. E Gerencias				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	4				
Não Conformidade – NC		soma	11				
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

APÊNDICE C–QUESTIONÁRIO ADAPTADO FMEA APLICADO USINA 3

Lista de Verificação Usina de Concreto

Empresa:Usina 3							
Número de Funcionários Entrevistados: 1							
Nome da Pesquisadora: Ana Martha Carneiro Pires de Oliveira						Data: 25/11/2019	
Requisitos da Norma: ABNT NBR 12655 - 5.3 ; 5.3.1 ; 5.3.2 ; 5.3.3 ; 5.3.4 ; 5.3.5							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
5.3	Como é feito o armazenamento dos componentes do Concreto?	C	São armazenados conforme o tipo e suas características e em baias com os materiais separados.				
5.3	Como é a identificação de cada componente?	C	Seguem a padronização da ISSO 9000, com				

			placas de identificação				
5.3	Existem documentos de controle dos materiais?	C	Existem. Com identificação de testes e procedência. E são arquivados				
5.3.1	Como é feito o armazenamento do cimento?	C	Cimento vem a granel e são armazenados em silos metálicos.				
5.3.1	Como é feito o controle de recebimento e utilização?	C	É retirada uma amostra de 3 kg do cimento e identificam pela nota fiscal e guardam a amostra por 40 dias				
5.3.1	Qual é o período de estocagem máximo?	C	O giro é rápido. A carga de cimento dura 3 a 4 dias. Há um sistema de não haver estoque grande. Os aditivos são guardados por no máximo 6 meses				

5.3.1	O cimento é fornecido em sacos ou a granel?	C	Granel				
5.3.1	Como é feito o armazenamento do cimento a granel?	C	Em silos metálicos				
5.3.2	Como são estocados os agregados?	NC	Em baias separadas. A cobertura só existe para areias muito finas. As demais são estocadas ao ar livre.				
5.3.2	Existe separação por granulometria?	C	Existe separação por granulometria.				
5.3.3	Como é feito o armazenamento da água para a mistura do concreto?	C	É feito em reservatório. Tem água de reuso. São de fibra ou metálicos.				
5.3.4	Como é o procedimento de utilização e estocagem dos aditivos?	C	Os a granel são guardados em tanques próprios da Usina. Os fornecidos em vasos são mantidos em sua embalagem original.				

5.3.4	Como é caracterizada a embalagem dos aditivos?	C	São identificados em tanques por placas. Com a data de entrada e validade.				
5.3.5	Como são armazenados a sílica ativa e outros materiais pozzolânicos?	C	A sílica vem ensacada em palete e protegidos com plásticos e são estocados em armazém coberto. A cinza leve é colocada em silo metálico.				
5.3.5	Há processo de identificação de cada um deles?	C	Sim. Identificados por placas que indicam o material e sua validade.				

Resultados da Pesquisa

Conformidade - C	soma	14
Não Conformidade – NC	soma	1

Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):

Documentos/Registros Anexos:

Requisitos da Norma: ABNT NBR 7212- 3.15 ; 4.1 ; 4.1.1 ; 4.1.2 ; 4.1.3 ; 4.1.4 ; 4.1.5 ; 4.2 ; 4.3 ; 4.3.1 ; 4.3.2 ; 4.3.3 ; 4.3.4 ; 4.3.5 ; 4.4 ; 4.4.1 ; 4.4.3 ; 4.4.4 ; 4.5.1 ; 4.5.2 ; 4.6 ; 5.1 ; 5.1.1 ; 5.1.2 ; 5.1.3 ; 5.1.4 ; 5.1.5.2 ; 5.2.1.1 ; 5.2.2 ; 5.2.3 ; 5.2.4 ; 5.2.5 ; 5.2.6 ; 5.3 ; 7.1 ; 8							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.1.3	Qual é a procedência da água utilizada na Usina?	NC	É de poço. Há coleta de água de chuva. Também é fornecida por caminhões pipa				
4.1.3	É utilizada água de reuso?	C	Sim. A água que vem dos caminhões de cimento passa por tanque de decantação e é utilizada em outros concretos.	Água de diferentes origens, conforme a ABNT NBR 15900-1, deve ser armazenada separadamente de acordo com ABNT NBR 12655.			
4.1.3	Existe poço de água?	C	Sim.				
4.1.3	Como é armazenada a água para uso no concreto e outras utilizações, como lavagem de peças?	NC	Reservatórios. A água de reuso sai do decantador para	Água de diferentes origens, conforme			

PPGEC : Av. Unisinos, 950 Sala C01 306
 CEP 93022-750 - São Leopoldo – RS – Brasil
 Fone: (51) 3590 8766ppgec@unisinos.br

NBR	NBR	NBR	MTE-NR	MTE-NR	NBR
12655	7212	7211	11	25	14001
Concreto - Controle, Preparo e Recebimento	Execução de concreto dosado em central	Agregado para concreto	Transporte, movimentação, Armazenagem	Resíduos Sólidos e Gasosos	Gestão Ambiental

			o reservatório em que é misturada com as demais águas. O reservatório é servido por todas as fontes de água: Poço; Chuva e Reuso.	a ABNT NBR 15900-1, deve ser armazenada separadamente de acordo com ABNT NBR 12655.			
4.1.5	Existem outros materiais que entram na composição do concreto?	C	Sim. De acordo com o projeto do cliente.				
4.1.5	Quais são e como são armazenados?	C	Fibras. Aditivos. EPS. EVA. – Cada material vem embalados e paletizados.				
4.2	Como é o procedimento de calibração dos equipamentos de dosagem?	C	Atendem os requisitos da norma 7212. A cada 3 meses.				
4.3	Existem parâmetros para desvios de dosagem?	C	Sim. Seguem a norma.				
4.3	Como eles são regulados?	C	Na central automatizada há a configuração de desvios máximos				

			aceitos. O equipamento informa quando o desvio permitido é excedido para correção. As cargas são feitas em etapas(ciclos) em que a cada ciclo é feita a correção dos desvios dos ciclos anteriores.				
4.3.1	Quais os desvios tolerados para a massa dos agregados por lote?	C	os agregados são medidos em massa, com variação máxima ao final do carregamento, em valor absoluto, de 3% do valor nominal da massa ou 1% da capacidade da balança, adotando-se o menor dos dois valores.				
4.3.2	Qual é a tolerância para a variação de quantidade de cimento por lote?	C	O cimento é medido em massa, com variação máxima ao				

			final do carregamento, em valor absoluto igual a 1% da capacidade da balança, nas dosagens iguais ou superiores a 30% dessa capacidade. Para dosagens inferiores a 30% da capacidade da balança, a variação máxima positiva é de até mais 4% do valor nominal da massa. Em nenhum caso o cimento é dosado conjuntamente com os agregados				
4.3.3	Qual é a tolerância para a variação da quantidade de água por lote?	C	A quantidade total de água tem variação máxima de 3% em relação à quantidade nominal, em valor absoluto.				

4.3.4	Como é feito dimensionamento do desvio de quantidade de aditivos por lote?	C	A variação máxima de dosagem é igual ou inferior a 5 % da quantidade nominal, em valor absoluto.				
4.3.5	Qual é a tolerância para a variação da quantidade de outros materiais por lote?	C	Outros materiais devem ser dosados de acordo com as tolerâncias estabelecidas pelo fornecedor.				
4.4	Qual é a capacidade de volume de mistura por lote?	C	9 metros cúbicos.				
4.4.3	Como é realizado o enchimento do caminhão-betoneira?	C	Na central por meio de esteiras transportadoras. Cimento e aditivos por silos.				
4.4.4	Existem casos em que a mistura é feita parcialmente na Usina?	NC	Sim.				
4.4.4	Como e quando isso acontece?	NC	Alguns aditivos são colocados em parte antes do lançamento na obra. Acontece para obras que				

			estão sendo executadas em locais mais distantes da Usina. E parte do aditivo superplastificante é adicionado antes do lançamento na obra.				
4.5.1	Como é feito o transporte das misturas até os clientes?	C	O transporte é feito por caminhão betoneira.				
4.5.2	Existem parâmetros para o tempo de carregamento, transporte e entrega do concreto usinado?	C	Sim. A central deve carregar 1 metro por minuto. Tempo máximo de viagem de 150 minutos.				
4.6	Qual é o limite de temperatura para o lançamento do concreto?	C	Seguem a norma. De 4 a 30 graus celsius				
4.6	Como é feito esse controle?	C	Tem termômetro para medir a temperatura da massa do concreto				
5.2.1.1	Quais os critérios para definir prazos e locais de entrega do concreto?	C	Depende de cada caso. Os prazos são definidos				

			conforme a capacidade de fornecimento da Usina. Em espaços em que se possa fornecer o concreto em tempo ideal em que o cliente consiga lançar o concreto em obra.				
5.2.2	Quais as unidades de medida para um pedido e entrega de concreto?	C	Metro cúbico. Com mínimo de 3 metros com múltiplos de meio metro cúbico.				
5.2.4; 5.2.5	Quais os volumes mínimos e máximos para a entrega de um lote de pedido de concreto?	C	De 3 a 9 metros				
5.2.6	Existem casos de entrega de volumes fracionados?	C	Sim. A partir de 3 metros podem ser adicionados meio metro				
5.2.6	Quais as medidas mínimas de fração?	C	Meio metro				
5.3	Quais itens compõem o documento de entrega?	C	Nota fiscal. Relatório de entrega. O documento de entrega que				

			acompanha cada remessa de concreto, além dos itens obrigatórios pelos dispositivos legais vigentes, deve conter: a) quantidade de cada componente do concreto; b) volume de concreto; c) hora de início da mistura (primeira adição de água); d) abatimento do tronco de cone (slump); e) dimensão máxima característica do agregado graúdo; f) resistência característica do concreto à compressão, quando especificada; g) aditivo utilizado, quando for o caso;			
--	--	--	--	--	--	--

PPGEC : Av. Unisinos, 950 Sala C01 306
 CEP 93022-750 - São Leopoldo – RS – Brasil
 Fone: (51) 3590 8766ppgec@unisinos.br

NBR 12655	NBR 7212	NBR 7211	MTE-NR 11	MTE-NR 25	NBR 14001
Concreto - Controle, Preparo e Recebimento	Execução de concreto dosado em central	Agregado para concreto	Transporte, Movimentação, Armazenagem	Resíduos Sólidos e Gasosos	Gestão Ambiental

			h) quantidade de água adicionada na central; i) quantidade máxima de água a ser adicionada na obra; j) menção de todos os demais itens especificados no pedido.				
8	Existem cláusulas que contemplem a aceitação/rejeição de um lote de concreto?	C	Tem sim. O pedido atende em caso tolerâncias de abatimento.				

Resultados da Pesquisa

Conformidade - C	soma	27
Não Conformidade – NC	soma	4

Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):

Documentos/Registros Anexos:

Requisitos da Norma: ABNT NBR 7211 - 4.2 ; 5.2 ; 5.3.1 ; 5.4 ; 8.1

Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.2	Como os agregados chegam na Usina?	C	Os agregados são fornecidos em lotes cujas unidades parciais de transporte são individualizadas, mediante uma guia de remessa na qual constam os seguintes dados: a) nome do produtor; b) proveniência do material; c) identificação da classificação granulométrica de acordo com o indicado em 5.1 e 6.1; d) massa do material ou seu volume aparente; e)				

			data do fornecimento.				
4.2	Existe um sistema de controle e verificação?	C	Amostra padrão para comparação visual. Algumas vezes é feita coleta para testes				
5.2	Como é feito o controle de possíveis contaminação dos lotes de agregados?	NC	É visual. O maior foco de contaminação é na areia.				
5.3.1	É feito algum controle para verificar os índices de sulfatos, cloretos e contaminação dos agregados?	NC	Não. Não faz ensaios químicos				
8.1	Qual é o procedimento de controle de qualidade dos agregados?	C	É coletada amostra para análise.				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	3				
Não Conformidade – NC		soma	2				
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

Requisitos da Norma: MTE NR 25 - 25.1.1; 25.1.2; 25.2.1; 25.2.3							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
25.2.1	Como são tratados os resíduos sólidos e líquidos da Usina? (água utilizada na fabricação do concreto; água utilizada na lavagem das betoneiras; restos de concreto não utilizados)	C	A água é totalmente reciclada. Os resíduos sólidos passam por um tanque de decantação. E depois são conduzidos para aterros.				
25.2.3	Os resíduos contaminantes são tratados antes de seu descarte?	C	Há uma empresa terceirizada que recolhe.				
25.2.3	Qual é o procedimento?	C	Empresa terceirizada				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	3				

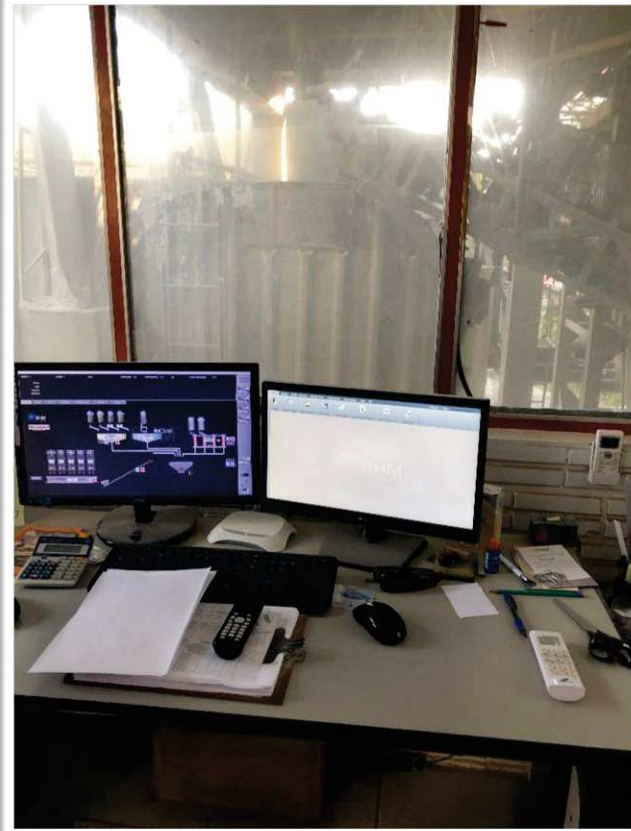
Não Conformidade – NC	soma	0
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):		
Documentos/Registros Anexos:		

Requisitos da Norma: ABNT NBR 14001 - 4.2; 4.3.1; 4.3.2; 4.3.3; 4.4.1; 4.4.2; 4.4.3; 4.4.4; 4.4.5; 4.4.6; 4.4.7; 4.5; 4.5.2; 4.5.2.2; 4.5.3							
Temas de Verificação			Resultado Observado				
Nº do requisito	Pergunta para a Pesquisa	C/OM/NC1/NC2	Resultado da Pesquisa	Causas prováveis e/ou potenciais	Ação Tomada		
					Ação	Responsável	Prazo
4.2	A empresa possui uma política ambiental adaptada para a sua atividade?	NC	Há uma prática, mas não há uma norma ou política.				
4.3.1	A empresa possui métodos e procedimentos para identificar, avaliar, propor ações que venham a minimizar os impactos ambientais?	NC	Não há uma sistemática. Resolve diante das demandas				
4.3.2	A empresa conhece e aplica as determinações legais e específicas da sua atividade-fim no que se refere ao gerenciamento ambiental?	C	Aplica				

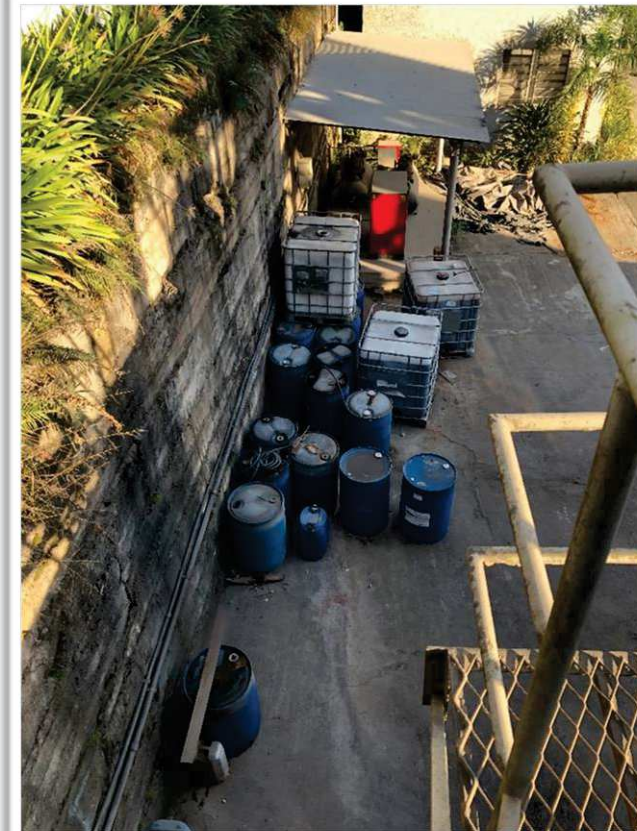
4.3.3	Há programas de metas e objetivos da política ambiental a serem cumpridos?	NC	Não Sabe				
4.4.1	Há uma estrutura mínima na empresa para o gerenciamento ambiental?	NC	Há um técnico.				
4.4.2	Os profissionais da empresa recebem treinamento específico com referência aos impactos ambientais?	NC	Não				
4.4.3	Há uma cadeia interna de comunicação sobre ocorrências de impactos ambientais?	C	Sim.				
4.4.4	Como é organizada a documentação da política ambiental?	C	Fica com o Técnico ambiental				
4.4.5	Como é feito o controle dos registros da gestão ambiental?	NC	Não há uma rotina				
4.4.6	Como é feita a operação da empresa com relação aos cuidados ambientais?	NC	Não há rotina				
4.4.7	Há um planejamento e treinamento para situações de emergência ambiental?	NC	Fica com o Técnico ambiental				
4.4.7	Como está especificado o procedimento de resposta?	NC	Fica com o Técnico ambiental				
4.5	Existem procedimentos de monitoramento e medição dos impactos ambientais oriundos das atividades da empresa?	C	Há uma prática de relatórios de resíduos trimestral.				
4.5.2	Qual é a periodicidade das auditorias internas da política ambiental?	NC	Não há.				

4.5.3	Quando é detectada uma situação de risco ou de não-conformidade com normas, regulações e procedimentos padrão com relação a gestão ambiental, quais são as ações de resposta?	NC	Direção. E Gerencias				
Resultados da Pesquisa							
Conformidade - C		soma	4				
Não Conformidade – NC		soma	11				
Resumo da Pesquisa (texto sucinto para compor o Relatório da Pesquisa):							
Documentos/Registros Anexos:							

APÊNDICE D -FOTOGRAFIAS DAS VISITAS DE CAMPO



Fotografia A: Cabine da Unidade Dosadora



Fotografia B: Recipientes de aditivos entregues pelos fornecedores



Fotografia C: Silos de Cimento e Baias de Agregados



Fotografia D: Despejo de água da limpeza da betoneira



Fotografia E: Tanques de estocagem de aditivos



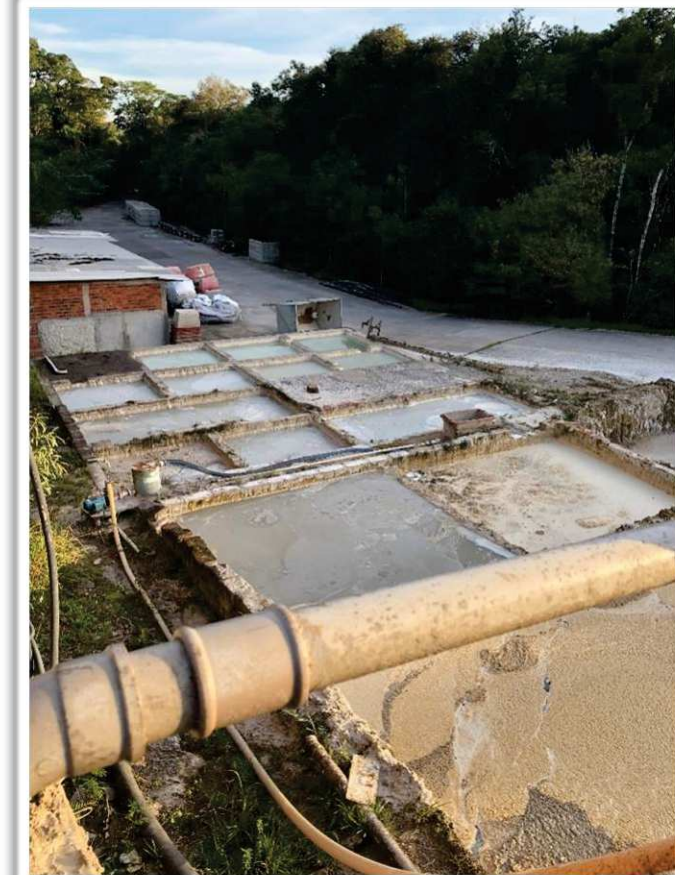
Fotografia F: Laboratório de corpo de provas de resistência do concreto



Fotografia G: Tanque de cura dos corpos de prova



Fotografia H: Tanque de decantação de água de limpeza das betoneiras



Fotografia I: Tanques de decantação a água de limpeza das betoneiras



Fotografia J: Pátio com areia de britagem



Fotografia L: Silos de estocagem de aditivos a granel



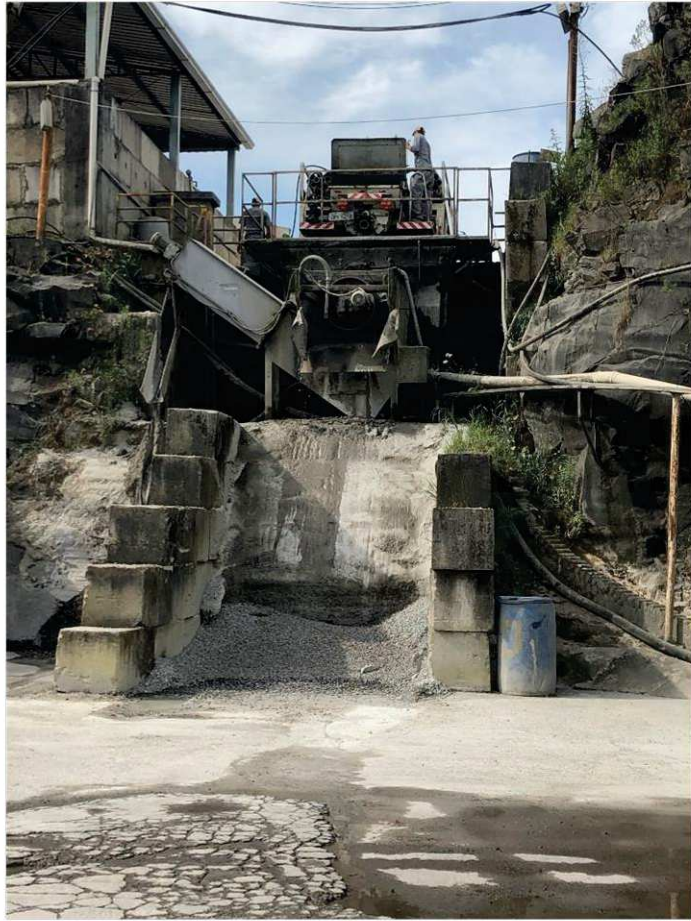
Fotografia M: Cabine de carregamento das betoneiras



Fotografia N: Tanque de decantação de água de limpeza das betoneiras



Fotografia O: Irrigador de água para o pátio de passagem dos caminhões e máquinas



Fotografia P: Rampa de despejo da água de limpeza das betoneiras



Fotografia Q: Tanque de decantação da água de limpeza das betoneiras



Fotografia R: Betoneira despejando a água de limpeza



Fotografia S: pátio de dejetos de concreto e tanques reservatório de água para amassamento