



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CAMPUS BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

AIRTON ARRUDA RAMOS

**IMPLANTAÇÃO DE UNIDADE DE ARMAZENAMENTO DE
GRÃOS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE AS FUNDAÇÕES
DE SILOS**

**BALSAS-MA
2018**

Airton Arruda Ramos

Implantação de unidade de armazenamento de grãos: um estudo de caso sobre as fundações de silos

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^o. Esp. Francisco de Assis Alves da Cunha

Balsas-MA
2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Ramos, Airton Arruda.

Implantação de unidade de armazenamento de grãos : um estudo de caso sobre as fundações de silos / Airton Arruda Ramos. - 2018.

117 p.

Orientador(a): Francisco de Assis Alves da Cunha.
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, BALSAS, 2018.

1. Fundações. 2. Métodos Construtivos. 3. Silos. 4. Unidades de armazenamento. I. Cunha, Francisco de Assis Alves da. II. Título.

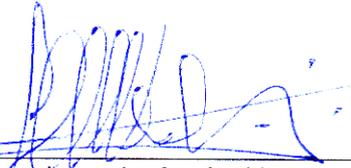
Airton Arruda Ramos

Implantação de unidade de armazenamento de grãos: um estudo
de caso sobre as fundações de silos

Trabalho de conclusão de curso na modalidade Monografia, submetido à Coordenação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

TCC avaliado em 07 de dezembro 2018

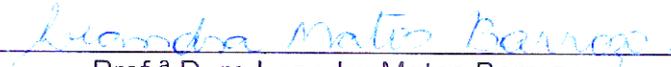
Banca examinadora



Prof.º Esp. Francisco de Assis Alves da Cunha
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Professor Orientador



Prof.º M. e Leandro Gomes Domingos
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
Examinador Interno



Prof.ª D. ra Leandra Matos Barrozo
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
Examinadora Externa

Balsas-MA
2018

AGRADECIMENTOS

Grato sou, em primeiro e majestoso lugar, àquele que tudo criou e que, pela sua essência de graça e amor, me concedeu a alegria de chegar até aqui. Sei que tudo acontece segundo a sua permissão e nada foge do seu plano perfeito. A Deus seja toda a honra, glória e meu eterno louvor.

A toda a minha família que sempre esteve comigo, me apoiando, incentivando, orando e dando todo o suporte necessário. A vocês a minha eterna e amorosa gratidão porque, por diversas vezes, deixaram suas vontades de lado para me proporcionar o melhor, me dando todo o amor e atenção que foram e são fundamentais para mim. Aos meus amigos que estiveram ao meu lado, me dando forças, sempre com palavras de encorajamento e ousadia, meu muito obrigado a todos vocês.

Ao meu professor orientador, Francisco de Assis Alves da Cunha que, para mim, foi muito mais do que alguém que me orientou na realização desse trabalho, foi de fato um professor, um mestre, um conselheiro, um amigo, alguém que não mediu esforços para que tudo acontecesse da melhor forma possível, sempre atencioso, solícito e dedicado. Obrigado por dividir um pouco do seu tão precioso conhecimento comigo e por me mostrar que ser engenheiro, antes de tudo, é ser humano.

Aos membros da banca avaliadora, Leandro Gomes Domingos e Leandra Matos Barrozo que, gentilmente, aceitaram o convite e deram suas valiosas contribuições para o presente trabalho e que, sem sombras de dúvidas, se estenderão para minha vida profissional. A vocês meu cordial agradecimento.

Ao Grupo Montina, em nome de Antônio Carlos Montina e família, proprietários da fazenda Chapadão da Serra que, atenciosamente, cederam a sua obra para a realização do estudo de caso contido nessa pesquisa e nos deram todo o suporte que precisávamos. A todos vocês desejo sucesso, muitas realizações e que prosperem a cada dia mais.

Aos meus vitoriosos e batalhadores colegas de turma, a qual partilhamos nossas histórias e lutas ao longo desses anos, desejo todo sucesso a vocês.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram e que não foram mencionados acima, estendo meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso relacionado a implantação de unidades de armazenamento de grãos, com foco nas fundações de silos, de uma unidade de produção agrícola localizada na região sul do estado do Maranhão. A região tem ganhado destaque pelo grande avanço da produção agrícola, principalmente na cultura da soja. Contudo, seguindo as mesmas estatísticas a nível de Brasil, a mesma ainda sofre com a falta de unidades armazenadoras de grãos. Este trabalho teve como principal objetivo acompanhar a implantação de um silo graneleiro e analisar os métodos construtivos utilizados em todas as etapas de execução das fundações e base desse tipo de estrutura, evidenciando os principais pontos positivos observados, bem como, os eminentes problemas encontrados ao longo das fases da obra. A fundação escolhida é caracterizada como sendo profunda, do tipo estaca, escavada mecanicamente com o auxílio de uma perfuratriz. Para melhor avaliar a qualidade dos métodos construtivos de execução de obras desse tipo, foi criado e aplicado um questionário avaliativo, atribuindo conceitos para diferentes itens relacionados as etapas construtivas de uma unidade de armazenamento de grãos e que poderá servir para futuras aplicações em estruturas semelhantes a esta. Verificou-se, por meio do acompanhamento e registro de dados, através de visitas *in loco*, que é necessário que haja um planejamento bem elaborado e uma maior cautela na hora de se executar obras desse segmento, pois, percebe-se que, mesmo havendo um dinamismo nos diferentes procedimentos, atrasos e erros comprometem todo o andamento das etapas seguintes. Durante o acompanhamento da obra alguns pontos relacionados ao canteiro de obra e ao processo de concretagem deixaram a desejar, porém, os mesmos não comprometeram a estrutura. A obra obteve, no geral, um conceito excelente, ficando com uma porcentagem de 70% de qualidade, sendo que, a maioria dos itens foram julgados na melhor posição da avaliação. Os principais destaques ficaram por conta da execução dos blocos de coroamento, da viga anel e dos canais de aeração, que obtiveram notas máximas no questionário. Por fim, ficou evidenciado que foram seguidas boa parte das recomendações existentes para esse tipo de estrutura, principalmente no que tende a qualidade de execução, garantindo que a unidade alcance o real objetivo pela qual foi concebida, que é a de armazenar de forma segura os grãos que nele serão depositados.

Palavras-chave: Unidades de armazenamento. Fundações. Silos. Métodos construtivos.

ABSTRACT

This study work presents a case study related to grain storage units implantation, focusing on silo foundations, of an agricultural production unit located in the southern region of Maranhão State. The region has been highlighted by the great advance of the agricultural production, mainly in the culture of the soybean. However, following the same statistics in Brazil, it still suffers from the lack of grain storage units. The main objective of this work was to follow the implantation of a bulk carrier silo and to analyze the constructive methods used in all stages of the foundations' execution and base of this type of structure, evidencing the main positive points observed, as well as the eminent problems encountered along of the phases of the work. The chosen foundation is characterized as being deep, of the stake type, mechanically excavated with the aid of a drill. In order to better evaluate the quality of the constructive methods of performing such works, an evaluation questionnaire was created and applied, assigning concepts to different items related to the constructive stages of a grain storage unit and that could serve for future applications in structures similar to it is. Through the monitoring and recording of data, through on-site visits, it was necessary to have a well-prepared planning and a greater caution in the execution of works of this segment, since it is noticed that, even if there were a dynamism in the different procedures, delays and errors compromise the whole progress of the following stages. During the follow-up of the work some points related to the construction site and the concreting process left to be desired, however, they did not compromise the structure. The work was, in general, an excellent concept, with a percentage of 70% of quality, being that most of the items were judged in the best position of the evaluation. The main highlights were the execution of the crown blocks, the ring beam and the aeration channels, which obtained maximum marks in the questionnaire. Lastly, it was evidenced that a large part of the existing recommendations for this type of structure were followed, especially in what tends to the quality of execution, ensuring that the unit achieves the real objective for which it was conceived, that is to store in a safe way the grains that will be deposited in it.

Keywords: Storage units. Foundations. Silos. Constructive methods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comportamento da área cultivada no geral	18
Figura 2 - Comportamento da área cultivada de soja.....	19
Figura 3 - Culturas e respectivas quantidades produzidas no Maranhão (tonelada).21	
Figura 4 - Moega	26
Figura 5 - Máquina de limpeza dos grãos, com peneiras oscilatórias	26
Figura 6 - Secador de grãos.....	27
Figura 7 - Fornalha para secagem dos grãos.....	27
Figura 8 - Silos metálicos para armazenagem de grãos	28
Figura 9 - Ventiladores para o processo de aeração dos silos.....	29
Figura 10 - Silo de expedição.....	30
Figura 11 - Elevadores	30
Figura 12 - Armazéns graneleiros	31
Figura 13 - Silos herméticos do tipo bolsa	32
Figura 14 - Silos de concreto.....	33
Figura 15 - Silos metálicos cilíndricos de fundo plano.....	33
Figura 16 - Chapas metálicas.....	36
Figura 17 - Montante do silo.....	36
Figura 18 - Anéis de reforço do silo.....	37
Figura 19 - Projeto arquitetônico da base do silo da obra do estudo de caso	47
Figura 20 – Locação das fundações do silo	48
Figura 21 – Vista 3D das fundações e superior da viga anel	49
Figura 22 - Detalhes dos canais de aeração do silo.....	50
Figura 23 - Local destinado aos agregados miúdos e graúdos da obra	56
Figura 24 - Central de concreto.....	56
Figura 25 - Central de armação.....	56
Figura 26 - Central de fôrmas.....	56
Figura 27 - Baias de contenção para agregados.....	59
Figura 28 - Madeira utilizada na obra.....	59
Figura 29 - Tipo de cimento utilizado na obra	60
Figura 30 - Execução da locação da obra.....	61
Figura 31 - Processo de compactação utilizando um compactador mecânico.....	62
Figura 32 - Perfuratriz hidráulica	63

Figura 33 - Haste da perfuratriz hidráulica	65
Figura 34 - Furos devidamente perfurados e protegidos.....	65
Figura 35 - Posicionamento da armadura nos furos das estacas.....	66
Figura 36 - Funil do tipo tremonha, utilizado na concretagem de estacas	67
Figura 37 - Concretagem das estacas	68
Figura 38 - Mini caminhão betoneira	68
Figura 39 - Processo de escavação do túnel usando a escavadeira hidráulica	69
Figura 40 - Escavação das valas para bloco de coroamento	70
Figura 41 - Preparação do terreno para os blocos de coroamento	70
Figura 42 - Compactador mecânico	70
Figura 43 - Armação do bloco de coroamento	71
Figura 44 - Blocos de coroamento escavados com a ferragem colocada	71
Figura 45 - Vibrador de imersão mecânico	72
Figura 46 - Blocos de coroamento do túnel concretados	72
Figura 47 - Regularização do fundo do túnel.....	72
Figura 48 - Compactação do fundo do túnel com compactador mecânico.....	73
Figura 49 - Aplicação do concreto magro no fundo do túnel	73
Figura 50 - Armação das paredes do túnel	74
Figura 51 - Fôrmas e escoramento para concretagem das paredes do túnel	74
Figura 52 - Armação da viga anel	75
Figura 53 - Viga anel concretada	75
Figura 54 - Preparação do terreno para receber o concreto magro	76
Figura 55 - Aplicação do concreto magro no piso da laje.....	76
Figura 56 - Processo de vibração do concreto	76
Figura 57 - Armação da laje do piso central.....	77
Figura 58- Armação dos pilares dos canais de aeração	77
Figura 59 - Concretagem da laje da base	78
Figura 60 - Laje concretada, com armação de espera das aerações.....	78
Figura 61 - Armação das canaletas de aeração.....	79
Figura 62 - Fôrmas executadas para canais de aeração	79
Figura 63 - Armação das vigas dos canais de aeração.....	80
Figura 64 - Fôrmas dos canais de aeração	80
Figura 65 - Concretagem dos canais de aeração.....	80
Figura 66 - Vigas dos canais de aeração concretadas.....	81

Figura 67 - Lona de proteção	82
Figura 68 - Silo pulmão do estudo de caso finalizado	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de estacas segundo a ABNT	44
Quadro 2 - Conceitos e seus respectivos significados utilizados na aplicação do questionário avaliativo	52
Quadro 3 - Itens e subitens avaliados no questionário avaliativo de qualidade	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CP	Cimento Portland
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI'S	Equipamentos de Proteção Individual
H/D	Altura/Diâmetro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPITOBA	Maranhão, Piauí, Tocantins, Bahia
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
PAM	Produção Agrícola Municipal
RS	Resistente a Sulfatos
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Um breve histórico sobre a produção agrícola.....	17
2.2	Produção de grãos no Brasil	18
2.3	Agricultura no Maranhão, destacando o Sul do estado	19
2.4	Importância da Armazenagem de Grãos.....	21
2.5	Armazenamento de grãos no Brasil	23
2.6	Elaboração de projetos de unidades armazenadoras de grãos.....	24
2.7	Elementos de uma unidade coletora de armazenamento de grãos....	25
2.7.1	<i>Recebimento</i>	25
2.7.2	<i>Limpeza</i>	26
2.7.3	<i>Secagem</i>	26
2.7.4	<i>Armazenagem</i>	28
2.7.5	<i>Expedição</i>	29
2.8	Tipos de armazenamento de grãos	30
2.9	Classificação das estruturas de armazenamento de grãos a granel... 31	
2.9.1	<i>Armazéns graneleiros</i>	31
2.9.2	<i>Silos herméticos</i>	32
2.9.3	<i>Silos de concreto armado</i>	32
2.9.4	<i>Silos Metálicos</i>	33
2.10	Silos.....	34
2.11	Silos metálicos de fundo plano.....	35
2.12	Projeto estrutural de silos	37
2.12.1	<i>Propriedades físicas dos grãos</i>	39
2.12.2	<i>Ações em silos</i>	39
2.13	Fundações	40
2.14	Projeto de fundações	41
2.15	Fundações de silos	42
2.16	Fundações em estacas	43
3	METODOLOGIA.....	46
3.1	Etapas	46
3.1.1	<i>Pesquisa bibliográfica</i>	46

3.1.2	<i>Caracterização da área do estudo de caso</i>	46
3.1.2.1	Modelo do silo.....	47
3.1.2.2	Tipo de fundação	48
3.1.2.3	Viga anel.....	49
3.1.2.4	Laje central independente.....	49
3.1.2.5	Canais de aeração.....	50
3.1.3	<i>Acompanhamento da obra e registro de dados</i>	50
3.1.4	<i>Análise e tratamento dos dados</i>	51
3.1.5	<i>Elaboração e aplicação do questionário avaliativo referente a</i>	51
	<i>qualidade dos métodos construtivos de execução de obras</i>	51
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Acompanhamento da obra e Registro de dados	55
4.1.1	<i>Etapas de execução da base de um silo</i>	55
4.1.1.1	Preparação do canteiro de obra.....	55
4.1.1.2	Locação da obra	60
4.1.1.3	Execução das fundações	61
4.1.1.4	Escavação das estacas	63
4.1.1.5	Etapas realizadas na execução das estacas escavadas mecanicamente .	63
4.1.1.6	Concretagem das estacas	67
4.1.1.7	Cuidados importantes sobre as estacas escavadas	68
4.1.1.8	Escavação do túnel.....	69
4.1.1.9	Blocos de coroamento: escavação, compactação, fôrmas, armação e concretagem	70
4.1.1.10	Preparação do túnel: fundo, paredes e laje	72
4.1.1.11	Execução da viga anel: armação, fôrmas e concretagem.....	74
4.1.1.12	Execução da laje do piso (laje central): compactação, armação e concretagem	76
4.1.1.13	Execução dos canais de aeração: fôrmas, armação e concretagem	78
4.1.2	<i>Outras considerações</i>	81
4.1.3	<i>Aplicação do questionário avaliativo referente a qualidade dos</i> <i>métodos construtivos de execução de obras</i>	83
4.1.3.1	Canteiro de obra	83
4.1.3.2	Locação da obra	84

4.1.3.3	Fundações	85
4.1.3.4	Blocos de coroamento	86
4.1.3.5	Túnel do silo.....	86
4.1.3.6	Viga anel.....	87
4.1.3.7	Laje central	88
4.1.3.8	Canais de aeração	89
4.1.3.9	Diversos	90
4.1.3.10	Análise final.....	91
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	93
	REFERÊNCIAS.....	96
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO REFERENTE A QUALIDADE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE EXECUÇÃO DE OBRAS	103
	ANEXO B – PROJETO ARQUITETÔNICO DA UNIDADE DE ARMAZENAMENTO DE GRÃOS	109
	ANEXO C – PROJETO ESTRUTURAL DO SILO.....	111
	ANEXO D – PROJETO DE FUNDAÇÕES DO SILO	113
	ANEXO E – PROFUNDIDADES DAS ESTACAS ESCAVADAS DO SILO PULMÃO	115
	ANEXO F – TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO NA OBRA DO ESTUDO DE CASO.....	116

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população mundial tem feito com que a produção de alimentos necessite de uma atenção especial, bem como, também, da eficiência e do cuidado com a armazenagem dos produtos. O agronegócio, atualmente, é o grande propulsor da economia do País, cuja produção de grãos merece ênfase, pois vem tendo uma significativa melhora no cenário nacional ao longo dos últimos anos, alavancando a produtividade e o seu desempenho.

O Brasil, a nível internacional, é um dos maiores produtores de grãos, ganhando destaque, principalmente, devido a sua ampla extensão territorial, clima propício e investimentos em tecnologias para o manejo das lavouras. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2018), o País é o maior exportador de soja em grãos do mundo, ficando responsável por 47,48% das exportações mundiais. Embora haja o crescente aumento da produção de grãos, a capacidade de armazenamento não avança no mesmo compasso. Devido a esse problema, os produtores encontram dificuldades para a realização das vendas na entressafra, período este onde os preços são melhores e, conseqüentemente, há maior margem de lucro na realização das negociações, se comparado com as vendas durante a safra.

As unidades de armazenamento funcionam como elementos de recebimento, secagem e armazenamento de grãos, cereais ou forragens verdes, de forma individual, na qual, dependendo da funcionalidade que irá receber, poderá ser arranjado de diversas formas.

O silo é um tipo de unidade de armazenamento dos mais utilizados no mercado do agronegócio e, devido aos grandes esforços axiais gerados na base da estrutura, em consequência do peso dos grãos a granel e também da própria estrutura, o cuidado na hora de se dimensionar as fundações desses elementos é maior, se comparado a estruturas convencionais (SANTOS, 2017). Com isso, elevados índices de ruínas e colapsos dessas estruturas são facilmente vistos, o que tem levado a uma série de estudos e discussões no meio técnico-científico sobre o assunto, fazendo com que os profissionais da engenharia civil estejam com uma maior atenção quando se trata das fundações desses elementos, bem como de todas as etapas de execução.

Por pertencer a uma das fronteiras agrícolas com grande perspectiva de crescimento, o Sul do Maranhão tem uma grande demanda a ser suprida no que diz respeito a implantação de novas unidades de armazenamento de grãos. Cabe salientar que essa região vem ganhando destaque pela produção de grãos, aumentando as proporções a cada nova safra, o que a coloca, também, dentro das estatísticas negativas causadas pela ausência dessas unidades de armazenamento. Diante de tal panorama, principalmente da necessidade de novas unidades de armazenamento de grãos no país, a atenção para a elaboração e execução dessas unidades é de suma importância.

Em consonância com tal fator, torna-se necessário que o mercado da construção civil esteja preparado para receber tais demandas, principalmente na formação de profissionais qualificados para a realização desse tipo de obra, na qual, possibilita ao engenheiro civil, um grande mercado a ser explorado, que traz consigo uma maior necessidade de conhecimentos nessa área. Por se tratarem de estruturas tidas como complexas, principalmente na sua execução, os silos merecem maior cuidado e atenção, devido, em especial, a identificação correta das pressões atuantes, fluxos contínuos e ampla variação das propriedades dos grãos nele armazenados, na qual, uma eventual falha em alguma das etapas, poderá levar a ruína total da estrutura. Com isso, as fundações desse tipo de obra requerem um acompanhamento severo e minucioso, portadas de técnicas construtivas seguras e eficientes, visto que são elas que darão a segurança para que o restante da estrutura se mantenha resistente quando assim for solicitada (quer seja metálica, de concreto ou alvenaria).

O presente trabalho tem como objetivo principal a realização de uma análise referente a implantação de uma unidade de armazenamento de grãos, localizada na zona rural do município de Sambaíba, ao sul do estado do Maranhão, com foco nas fundações, bem como na base. Por meio do acompanhamento de todas as etapas da obra de infraestrutura, documentou-se as técnicas construtivas utilizadas, destacando os principais pontos positivos e elencando, também, as dificuldades encontradas, almejando, assim, obter fundamentos para minimizar problemas durante e após a conclusão da obra. Para auxiliar nesse processo, elaborou-se um questionário avaliativo referente a qualidade dos métodos construtivos de execução de obras, na qual, atribuiu-se conceitos/notas conformes os critérios estabelecidos, a fim de obter uma avaliação final sobre a implantação dessa unidade de

armazenamento, que poderá servir de base para futuras avaliações de outras obras desse mesmo porte.

Ainda dentro dos objetivos da pesquisa, buscou-se, especificamente, compreender os aspectos básicos de funcionamento e as principais características estruturais dos silos metálicos com fundações de concreto armado, verificando a importância da correta execução das fundações das unidades de armazenamento de grãos, em especial, a dos silos. Em conjunto com esses tópicos, realizou-se um levantamento fotográfico, exemplificando as etapas de execução das fundações da unidade de armazenamento em questão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fim de realizar um aprofundamento sobre o tema, a seguir é apresentado o referencial teórico do presente trabalho.

2.1 Um breve histórico sobre a produção agrícola

Ao longo dos últimos 50 anos, a agricultura brasileira tem ganhado um novo perfil graças as grandes mudanças ocorridas no setor. Enquanto que, antigamente, as lavouras possuíam diversidade no que diz respeito as culturas e criações que eram produzidas, algumas transformações foram ocorrendo devido, principalmente, à forte ascensão tecnológica que ocorreu. Essa ascensão foi o principal gargalho para que essas inúmeras modificações acontecessem, tanto nas propriedades, como em suas estruturas no todo. Isso se deu, também, em consequência do êxodo rural que levou a população a sair do campo em direção aos centros urbanos e, com isso, as fazendas foram perdendo a sua autossuficiência, principalmente, de mão de obra. Contudo, em contrapartida a esse fenômeno, elas se aprimoraram, passaram a produzir com o intuito de abastecer também o mercado internacional e encararam a globalização de perto (GOTTARDO; CESTARI JÚNIOR, 2008).

A monocultura ganhou força graças ao surgimento de modernos meios de produção e da aplicação de produtos químicos nas lavouras. Esse modelo se expandiu entre o final da década de 1950 e o começo da década de 1960, passando a se diferenciar devido a junção de insumos químicos, mecanização e fatores biológicos, proporcionando uma forte uniformização das técnicas agrícolas e tornando o meio ambiente, que até então estava em sua forma natural, em ambientes artificiais (CONAB, 2010).

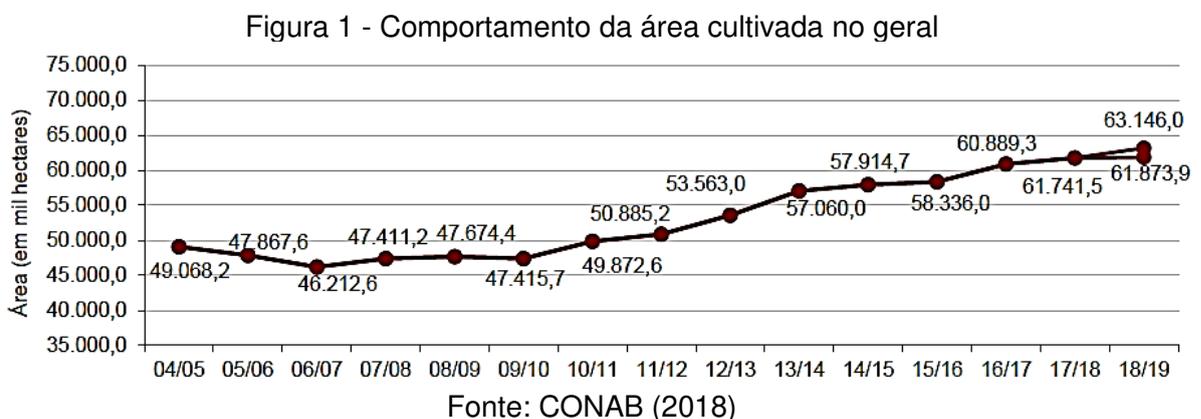
Com todo o avanço ao longo dos anos, o setor agrícola tornou-se parte de uma grande cadeia de negócios, fazendo com que, até mesmo os produtores, estivessem progressivamente se profissionalizando e se munindo de práticas modernas e tecnologias avançadas colaborando, assim, para o incremento da produção e diminuição dos gastos, através da utilização dos recursos disponíveis das formas mais inteligentes. Tudo isso cooperou para que a agricultura brasileira chegasse a um patamar alto nos indicativos de produtividade ao longo dos anos, em nível global (GOTTARDO; CESTARI JÚNIOR, 2008). Diante da crescente evolução

do cenário do agronegócio do Brasil surgiram novas áreas com potencial elevado para esse setor.

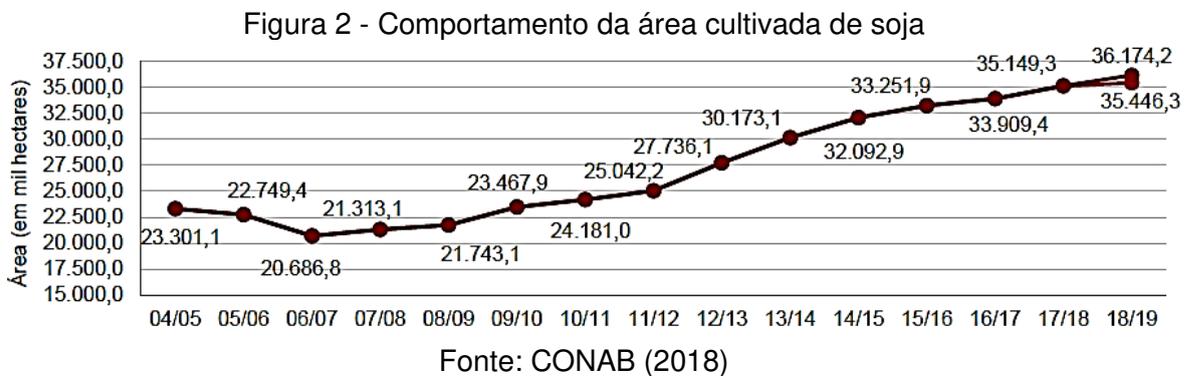
2.2 Produção de grãos no Brasil

O Brasil é destaque no cenário mundial devido a sua produção e exportação de soja, açúcar, fumo, algodão e outros, na qual, possuem grande peso para a economia brasileira, bem como, também, os produtos voltados para o mercado interno, segundo dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2012). Como consequência do crescente aumento da produção de grãos e a fim de evidenciar a importância que o País exerce, nacionalmente e mundialmente, na produção de alimentos, Azevedo et al. (2008) afirma que o Brasil se destaca como um dos países mais relevantes quando o assunto é agricultura. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (2018), o Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

Segundo a CONAB (2018), a safra 2018/19 aponta para uma produção entre 233,6 e 238,5 milhões de toneladas de grãos, com um aumento entre 2,5 e 4,7% se comparado a safra anterior, significando um crescimento entre 5,6 e 10,6 milhões de toneladas a mais para o agronegócio brasileiro. A expectativa para a área plantada é de que haja um aumento entre 0,2 e 2,3%, variando de 61,9 a 63,1 milhões de hectares a mais na safra 2018/19. A figura 1 apresenta dados sobre o comportamento da área cultivada no País e demonstra o crescimento gradativo que ocorreu desde 2004, até o presente ano.



A soja e o milho são as principais culturas produzidas no Brasil, chegando a uma representatividade referente a quase 90% do que é plantado no país. Dentre as grandes culturas cultivadas, a soja, na qual vem se estabilizando como a grande tendência do desenvolvimento do agronegócio, é a mais animadora e a que possui maior possibilidade de crescimento, podendo atingir, na safra 18/19, entre 117 e 119,4 milhões de toneladas colhidas, com uma área plantada entre 35,4 e 36,2 milhões de hectares, apontando um crescimento de até 2,9% se comparado à safra anterior, que foi de 35,1 milhões de hectares plantados (CONAB, 2018). A figura 2 exemplifica a evolução do cenário de área de soja cultivada de 2004 a 2018.



Ganhando ênfase no cerrado brasileiro, a produção de soja aumentou significativamente a sua escala de produção ao longo dos últimos anos nesse tipo de bioma, fato este que se deu, principalmente, pela presença de grandes áreas de terras a um baixo preço. Alguns estados da região Nordeste, como foi o caso do Maranhão, vivenciaram a partir da década de 1970 um acelerado avanço no que tende ao agronegócio (CASTRO, 2017).

2.3 Agricultura no Maranhão, destacando o Sul do estado

Considerada uma das novas fronteiras agrícolas do País, a chamada “Mapitoba” – nome dado a junção das siglas dos estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Tocantins (TO) e Bahia (BA) – tornou-se uma das mais promissoras no norte e nordeste brasileiro no que diz respeito a produção de soja devido, principalmente, as condições climáticas e a inserção de novas tecnologias nas lavouras (FREITAS, 2011). A região está localizada no bioma Cerrado, a qual compreende o sul do Maranhão e Piauí, norte do Tocantins e oeste da Bahia.

O cerrado nordestino, especialmente do sul do Maranhão a oeste da Bahia, presenciou uma grande evolução no setor do agronegócio que provocou um novo arranjo territorial da região devido, basicamente, a incorporação da soja as lavouras. Seguindo esse pressuposto, no estado do Maranhão, a partir do final da década de 1980 e início da década de 1990, foram implantadas uma série de políticas públicas voltadas para o agronegócio, na qual promoveu uma dinamização territorial que, somadas a facilidade na compra de terras na região, vendidas a um valor muito baixo, foram os fatores preponderantes para que houvesse o crescimento dessa nova fronteira agrícola (LIMA; LOCATEL; SILVA, 2012).

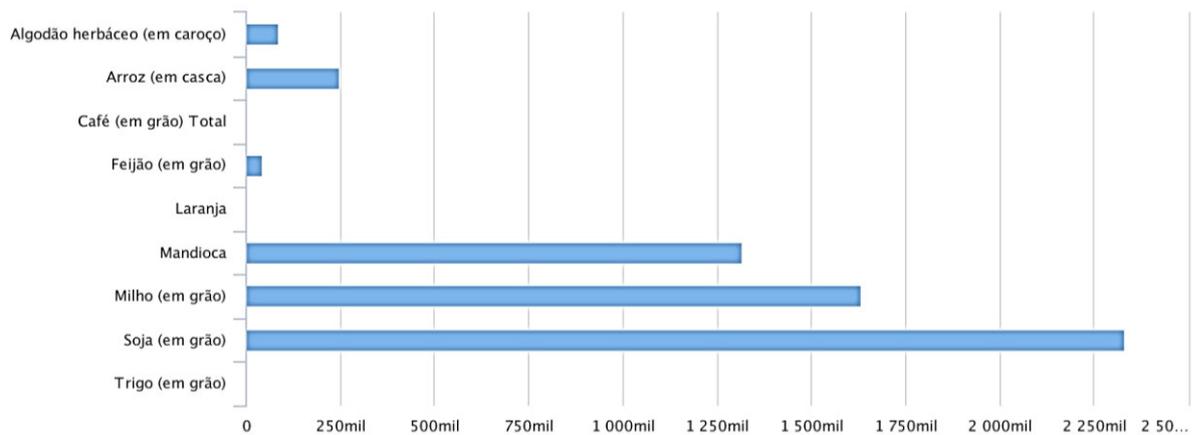
Com o crescimento do setor agrícola na região, uma grande onda de imigrantes vindos de vários estados, principalmente do sul do país, se fixou na região, em especial no município de Balsas, e deram início ao movimento de mecanização da agricultura, cultivando principalmente soja. Para se ter uma ideia desse crescimento, a área colhida dessa cultura sai de 16,3 mil hectares em 1991 e passa para 951,5 mil hectares em 2018 a nível de estado (CASTRO, 2017; CONAB, 2018). Dados afirmam que cerca de 80% da produção de soja do Maranhão é vendida ao mercado internacional, com destaque para países da Europa e Ásia (LIMA; LOCATEL; SILVA, 2012).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017), através de dados coletados pela Produção Agrícola Municipal (PAM), na safra 2017 a área plantada no Maranhão chegou ao número de 1.835.782 hectares, com área colhida de 1.829.359 hectares, com o valor da produção agrícola alcançando a marca de R\$ 4,4 bilhões de reais. A área de soja plantada na última safra foi de 817.719 hectares e de milho 471.156 hectares, ambas aumentaram se comparado a safra anterior. A figura 3 demonstra a quantidade produzida de cada cultura no ano de 2017 no estado, com destaque para a soja, milho e mandioca, nas quais, entre os três, os dois primeiros são grãos que exercem um papel relevante no sistema de armazenamento.

Confiando na regularização das chuvas, os produtores do Maranhão esperam aumentar a área plantada no estado na próxima safra, sendo esse incremento variando entre 2 e 4% em proporção aos 951,5 mil hectares plantados no ano anterior (CONAB, 2018). Devido a esse impulso que o agronegócio proporciona na economia brasileira, bem como na do Estado, é indispensável que os sistemas de armazenagem respondam a estas demandas e tornem-se eficazes, aumentando o

nível de industrialização do agronegócio estadual, tanto técnica como economicamente (FANK, 2010).

Figura 3 - Culturas e respectivas quantidades produzidas no Maranhão (tonelada)



Fonte: IBGE (2017)

Quanto a proteção, é indispensável que, no processo de armazenagem, as perdas após a colheita sejam minimizadas através de práticas efetivas (FARONI; SILVA, 2008).

2.4 Importância da Armazenagem de Grãos

Dentro do agronegócio, especificamente na produção de grãos, certas atividades são tidas como secundárias, tais como recebimento, secagem, armazenagem e expedição (SANTOS, 2017). Entretanto, mesmo sendo chamadas de secundária, elas exercem papel fundamental na rentabilidade do produtor ao final de todo o processo.

A produção de grãos de qualidade é somente um dos requisitos que se espera desse setor. É indispensável, também, que se mantenha a qualidade desses produtos desde a sua colheita até o momento do seu consumo (STRACKE, 2015). As estruturas de armazenamento exercem importância nas diversas fases produtivas do agronegócio, desde a produção, circulação, distribuição e consumo final. A armazenagem, dentro da cadeia agrícola, é fator de redução dos custos de tempo e colabora para a conservação do produto no que tende as suas características físicas e fisiológicas e, conseqüentemente, minimiza as possíveis perdas, desde que o local possua as condições apropriadas para receber esses grãos (FREDERICO, 2009).

Em se tratando de perdas na agricultura, as mesmas podem ocorrer tanto na colheita, quanto após a colheita. As perdas que são geradas após a colheita são derivadas do processo de transporte e armazenagem. Unidades de armazenamento inadequadas e mão de obra não especializada caracterizam alguns dos motivos responsáveis pela perda física e das propriedades dos grãos. O armazenamento não adequado propicia uma diminuição da qualidade em virtude da entrada de insetos, fungos, roedores e ácaros, por exemplo (CNA, 2012).

Um sistema de armazenamento é sinal de ganho e maior lucro para os produtores dos grãos pois grandes unidades armazenadoras garantem uma maior possibilidade de negociação do seu produto, possibilitando a venda da safra de forma gradativa em épocas na qual o valor do produto é melhor obtendo, assim, maior lucratividade. Porém, ao se tratar de armazenamento de grãos, isso requer cuidados e condições adequadas que, de acordo com Stracke (2015), com a evolução na produção de grãos, automaticamente implica-se na eficiência da capacidade de armazenamento. Um armazenamento adequado é um dos principais fatores responsáveis pela manutenção da qualidade do produto que é considerada como o parâmetro controlador de seu valor econômico na comercialização (SILVA NETO, 2013).

Para a conservação das características dos grãos é utilizado certos mecanismos que envolvem condições ambientais adequadas no intuito de manter a viabilidade do produto que foi armazenado. Para se obter um armazenamento seguro, é necessário que não haja perdas na qualidade e quantidade dos grãos durante todo o tempo em que os mesmos estarão armazenados (BEZERRA, 2014). Uma das vantagens de se ter uma unidade de armazenamento dentro da propriedade rural, além da conservação do produto, é a comercialização dos grãos quando a oferta é menor. Outro ponto é o fato de que, com a presença de unidades de armazenamento próprias, evita-se gastos com alugueis de armazéns de terceiros e, em contrapartida, diminui-se as despesas com transporte, como resultado da apropriação de uma unidade perto do local onde é colhido o produto (DESSBESELL, 2014).

Com toda a problemática presente no âmbito da armazenagem de grãos, que vai contrário ao aumento da produção no país, cujas perspectivas são positivas, perde-se em quantidade e qualidade pelo déficit de unidades de armazenamento

existente, bem como, pela fragilidade dessas estruturas de armazenagem (FERNANDES, 2016).

2.5 Armazenamento de grãos no Brasil

Com a grande expansão e desenvolvimento do agronegócio brasileiro, surge a necessidade de se despertar também para outros aspectos importantes. Dentro dessa questão encontra-se a logística, que é um ponto crucial devido a toda a problemática gerada pelos congestionamentos nas estradas, nos portos, nos pátios e as enormes filas de caminhões em período de colheita da safra, que geram preocupações com os preços e com as deficiências de armazenamento e escoamento dessa produção. No arranjo do agronegócio de grãos dois pontos são indispensáveis em razão do papel que ocupam entre a produção e a comercialização, que é o armazenamento e o escoamento do que é produzido, vindo a causar, se não tratados da devida forma, perdas e comprometimento das atividades desenvolvidas nas fases anteriores (CNA, 2012).

O Brasil, mesmo sendo um país de grande capacidade de produção agrícola, enfrenta problemas quando o assunto é capacidade estática. Seguindo a tendência de crescimento da produção que vem ocorrendo ao longo dos anos, torna-se necessário que cada vez mais se aumente a capacidade armazenadora do país. A cada ano há um aumento considerado no volume de grãos produzidos, porém, o sistema de armazenagem não segue no mesmo ritmo da produção pois, a cada nova safra, os recordes são quebrados, evoluindo este cenário e problematizando o outro (DEMBOGURKI, 2012).

O Brasil possui, atualmente, capacidade de estoque de até 157,6 milhões de toneladas nos armazéns. Isso significa que, para os 234,3 milhões de toneladas da última safra, cerca de 75 milhões destas (mais de 32% dos grãos colhidos), ficaram sem local apropriado para armazenagem ou foram vendidos logo após o processo de colheita por preços abaixo do esperado pelos produtores (CONAB, 2018). Com isso, surge a necessidade de locais apropriados para a armazenagem desses produtos, por um espaço de tempo maior e que conserve as propriedades dos grãos que foram colhidos, garantido assim, um menor desperdício dos mesmos (BARONI; BENEDETI; SEIDEL, 2017). O País apresenta dificuldades relacionadas a capacidade de armazenagem e a distribuição dos silos, pois muitas regiões

possuem uma baixa capacidade de estocagem e, até mesmo as unidades existentes, por estarem ocupadas com as safras de anos anteriores, comprometem a armazenagem das futuras, criando um déficit muito grande no território brasileiro (GOMES; CALIL, 2000).

A CONAB, organismo ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, foi criada em 1990, com a finalidade de se ter um órgão oficial que fosse responsável pelo armazenamento e abastecimento de produtos agropecuários no Brasil, sendo um suporte para estudos relativos a essas problemáticas. Dentre as suas funções, cabe a ele a incumbência de executar políticas públicas relativas ao armazenamento da produção, coordenar políticas de formação, armazenagem, remoção e escoamento de volumes estocados. É o órgão responsável pela execução de estudos e levantamento de dados estatísticos referentes a produção de grãos, ao volume, capacidade e localização dos armazéns presentes no país, tanto públicos, como privados. Ela também administra e controla os registros relacionados ao Cadastro Nacional de Unidades Armazenadoras (CONAB, 2017).

Os principais grãos armazenados no Brasil são a soja, milho, algodão, feijão, arroz e trigo, sendo que a soja e algodão são mais voltados para o mercado externo e os demais, para o mercado interno (CNA, 2012). Sendo um país de dimensões continentais, um fator determinante para a sustentabilidade do agronegócio é o controle de gastos referentes a logística, particularmente em áreas que estão longes dos portos, como é o caso do cerrado, na qual os produtores precisam usar rodovias que, em sua maioria estão em péssimas condições, para o escoamento da safra. Acrescentado a isso, estão as edificações de armazenamento mal localizadas, com pouca capacidade, principalmente dentro das fazendas, impondo aos produtores que escoem seus grãos de imediato após a colheita, gerando longas filas nos terminais e portos, além do alto valor dos fretes rodoviários que os mesmos têm que pagar (CAIXETA FILHO, 2016). Diante disso, é fundamental que se haja um planejamento minucioso que englobe todos esses aspectos.

2.6 Elaboração de projetos de unidades armazenadoras de grãos

Santos (2017) destaca que a falta de armazéns e a grande procura por áreas cada vez maiores para armazenamento da produção de grãos no País faz com que seja essencial a conservação das estruturas que já existem e que se

construa, também, novos estabelecimentos dessa natureza. Para realizar um projeto de unidades armazenadoras é necessário que haja conhecimento técnico e prático, dentro daquilo que melhor poderá ser aproveitado quanto aos recursos disponíveis, para que se alcance o produto final desejado.

O projeto é, em suma, o documento que norteará os envolvidos na avaliação dos elementos, nas tomadas de decisões referentes a execução e sobre toda a infraestrutura necessária para que a obra seja implantada (SILVA, 2000). Usualmente, na elaboração de um projeto de unidade armazenadora de grãos, utiliza-se a definição, segundo Silva et al. (2000), como sendo complexos agroindustriais constituídos de estruturas e recursos para receber, pré-beneficiar, armazenar e expedir a produção agrícola de uma determinada área de abrangência. Diante disso, torna-se relevante o conhecimento sobre todos os elementos integrantes de uma unidade coletora de armazenamento de grãos.

2.7 Elementos de uma unidade coletora de armazenamento de grãos

A armazenagem, como já relatado, tem como finalidade principal a de conservar a qualidade do produto, evitando perdas e estocando o que excede na produção. Por parte do setor público, a armazenagem possibilita o estabelecimento de preços mínimos, impulsionando a criação de políticas agrícolas e garantindo o fomento de novos produtos (SILVA, 2000). Messias (2015) divide os elementos de uma unidade coletora de armazenamento de grãos em algumas etapas, conforme apresentada nos itens abaixo.

2.7.1 Recebimento

A primeira etapa de uma unidade coletora de armazenamento de grãos é o recebimento do produto, através da moega (Figura 4). Ela é a parte responsável por receber o produto que, geralmente, chega em caminhões e são descarregados diretamente em sua estrutura, na qual, no seu fundo, existem esteiras automatizadas que transportam os grãos para as demais etapas.

Figura 4 - Moega



Fonte: Elaborado pelo autor

2.7.2 Limpeza

Uma parte importante no processo de armazenamento é a limpeza dos grãos, cuja operação se dá de forma mecânica, com o auxílio de peneiras oscilatórias que realizam dois processos distintos, a saber, a pré-limpeza e a limpeza (Figura 5). Na primeira etapa as impurezas de maiores dimensões são retiradas e transportadas para o descarte. A segunda fase só acontece após a secagem, que é o passo seguinte do processo.

Figura 5 - Máquina de limpeza dos grãos, com peneiras oscilatórias



Fonte: Elaborado pelo autor

2.7.3 Secagem

Os grãos, após serem colhidos, possuem impurezas e um certo teor de umidade, variando num percentual entre 12 e 14% quando secos, e de 15 a 28%, quando úmidos. Se o percentual de umidade é maior que 14%, os mesmos devem

passar pelo processo de secagem (SANTOS, 2017). Cabe destacar que, em locais onde há um alto teor de umidade, há também o favorecimento da proliferação de micro-organismos e o crescimento da atividade fisiológica dos grãos (respiração e possível germinação), comprometendo a qualidade dos mesmos. O grão é um tipo de produto higroscópico, ou seja, tem a capacidade de passar ou captar a umidade do ar que o rodeia. (NASCIMENTO, 2010).

Com o intuito de retirar a umidade dos grãos, a secagem é um tratamento térmico que torna o produto próprio para ser armazenado por um maior período de tempo. A composição do sistema de secagem (Figura 6) se dá pela presença de um secador de coluna de secagem, difusores de ar metálicos, exaustores axiais ou centrífugos, fornalhas, ciclone e transportadores de carga e descarga do secador. A fornalha é a responsável por fornecer calor ao sistema e retirar a umidade e, geralmente, são construídas em alvenaria, tijolos refratários e mantas cerâmicas (Figura 7).

Figura 6 - Secador de grãos



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7 - Fornalha para secagem dos grãos



Fonte: Elaborado pelo autor

Dentro do sistema de armazenagem, o método de secagem é de grande relevância, dado que o grão quando absorve uma certa quantidade de líquido pode sofrer uma expansão no seu volume, aumentando conseqüentemente sua massa, podendo vim a romper os equipamentos ou depósitos na qual estão armazenados, gerando pressões maiores que as permitidas (MARIN, 2015). Após o processo de secagem, continua-se então com a segunda parte da limpeza dos grãos, onde ocorre a separação mais minuciosa, na qual os grãos deteriorados são retirados e levados a um silo de resíduos.

2.7.4 Armazenagem

Depois de passar por todas as etapas anteriores, os grãos são armazenados nos silos (Figura 8), onde os mesmos são depositados neles pela parte superior, através de correias transportadoras. Armazenar compreende, basicamente, a acomodação dos grãos em locais livres de umidade, protegidos de chuvas e intempéries e que, normalmente, ficam estocados por certo período de tempo, que varia conforme o mercado, através da lei da oferta e da procura, sofrendo grandes influências do mercado externo (DEMBOGURSKI, 2012).

Figura 8 - Silos metálicos para armazenagem de grãos



Fonte: Elaborado pelo autor

Os grãos armazenados nessas estruturas permitem que haja o abastecimento durante todo o ano. Essa situação de conservação é alcançada devido, dentre outros fatores, pela presença dos ventiladores (Figura 9) que fazem com que haja a

circulação de ar, através de equipamento na forma forçada (insuflação ou aspiração), bombeando o ar pelas aerações existentes nos silos. Para atender os requisitos necessários para uma boa qualidade de uma unidade armazenadora, é indispensável a adequação de ventilação e sistema de termometria, com o intuito de proporcionar a não alteração do produto em situações ideais de umidade e temperatura (SILVA, 2000).

Figura 9 - Ventiladores para o processo de aeração dos silos



Fonte: Elaborado pelo autor

2.7.5 Expedição

Encerrando as etapas dos elementos de uma unidade coletora de armazenamento, por último tem-se a expedição (Figura 10), na qual consiste na retirada dos grãos das unidades armazenadoras, através das correias transportadoras e elevadores de canecas, até serem expedidas nos caminhões, a fim de serem transportados.

Percebe-se que a funcionalidade do sistema depende dos elevadores e das correias transportadoras, que mecanizam todo o processo, facilitando em todas as etapas (Figura 11).

Figura 10 - Silo de expedição



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 - Elevadores



Fonte: Elaborado pelo autor

2.8 Tipos de armazenamento de grãos

Dentro dos elementos de uma unidade coletora de grãos, como foi visto no tópico acima, está a armazenagem. Segundo Azevedo et al. (2008), tradicionalmente, os dois tipos de armazenagem mais usados são: a granel ou em volumes. O armazenamento em volumes, ou também conhecido como convencional, utiliza-se de sacos na qual são inseridos os grãos e depois depositados em galpões ou armazéns. Já a armazenagem a granel utiliza-se de depósitos especiais, como os

silos e armazéns, sem o uso de embalagens. O sistema a granel assegura uma redução de custo e tempo, devido a suspensão do uso de sacarias e mecanização, possui maior controle no que diz respeito às pragas, facilidade de operação da temperatura e umidade, simplicidade no manuseio e mão de obra de menor valor (BIANCHIN, 2013).

2.9 Classificação das estruturas de armazenamento de grãos a granel

Dentre os dois tipos de armazenagem de grãos vistos acima, o do tipo a granel, conforme D'arce (2012), essencialmente, seguem a seguinte classificação: armazéns graneleiros, silos herméticos, silos de concreto armado e silos metálicos. Abaixo é apresentado cada um dos tipos com maiores detalhes.

2.9.1 Armazéns graneleiros

Caracterizam-se por possuírem amplos compartimentos para armazenamento, feito de concreto ou alvenaria, podendo vir a ser com fundo plano, semi-plano, em forma de “V” ou em forma de “W” (Figura 12). A procura por esse tipo de estrutura de armazenagem tem aumentado, visto que, possui baixo custo se comparado aos silos elevados e são construídos de forma mais rápida. Apresentam algumas desvantagens, como a maior dificuldade em conservar o teor de umidade da massa dos grãos, uso constante da aeração mecânica, gerando maiores custos, e complicações na descarga do produto.

Figura 12 - Armazéns graneleiros



Fonte: Viva (2011)

2.9.2 Silos herméticos

São conhecidos pelo fato de manterem os produtos armazenados livres de insetos, impedindo o aumento da presença dos fungos e consiste em reduzir a taxa de oxigênio o mais baixo possível, fazendo com que os insetos fiquem inativos, impedindo que esses organismos proliferem, causando a morte dos mesmos, não prejudicando o produto armazenado. Existem alguns modelos no mercado, porém, o mais usado é o silo bolsa (Figura 13), na qual é inserido de modo direto no chão, não requer um investimento inicial alto, possibilita um retorno rápido, possui poucos custos operacionais e não necessita de investimentos com obras civis.

Figura 13 - Silos herméticos do tipo bolsa



Fonte: Elaborado pelo autor

2.9.3 Silos de concreto armado

Como o próprio nome já evidencia, são silos construídos de concreto e devidamente armado, possuem paredes espessas evitando, assim, com que se transmita calor de fora para os grãos armazenados no seu interior, possibilitando que os mesmos fiquem por um período de tempo maior estocados (Figura 14).

É composto de dois elementos básicos: torre e conjunto de células e entre células. Na torre ficam instalados os elevadores, exaustores, máquinas de limpeza, distribuidores, secadores e outros. Já as células e entre células são de grande altura, na qual o fundo encontra-se na forma de cone, facilitando na hora da descarga dos grãos. Esse tipo de silo exige um investimento alto na sua implantação e requer um período maior de tempo para ser construído.

Figura 14 - Silos de concreto



Fonte: CERAÇÁ (2013)

2.9.4 Silos Metálicos

É o tipo de silo mais utilizado atualmente, podendo ser de pequena, média ou grande capacidade. Os mesmos são executados utilizando chapas lisas ou corrugadas de alumínio ou ferro galvanizado, fabricados em série, com fundo plano, cônico ou elevado e montados sobre uma base de concreto armado. O tipo de estrutura de armazenamento mais utilizado no cenário agrícola brasileiro são os silos metálicos cilíndricos de fundo plano (Figura 15) (BIANCHIN, 2013).

Figura 15 - Silos metálicos cilíndricos de fundo plano



Fonte: Elaborado pelo autor

Além dessa classificação, outras características geométricas diferem as estruturas de armazenamento, como por exemplo, o tipo de fundo, que podem se

apresentar no formato de cone, tronco de cone ou fundo plano (BIANCHIN, 2013). Há também outras classificações que levam em consideração a relação entre altura e diâmetro e forma de descarregamento (ROCHA; FARIA, 2018). Quanto à classificação que leva em consideração a relação entre a altura e o diâmetro, os mesmos podem ser do tipo horizontais (armazéns) ou verticais (silos) (MESSIAS, 2015).

2.10 Silos

A palavra silo vem do grego *siros*, que quer dizer um lugar escuro e cavernoso. Porém, nos dias de hoje, é usada para definir o local na qual se deposita e armazena grãos, cereais, forragens, entre outros (SILVA NETO, 2013). Os silos são muito usados na agricultura e na indústria (LEITE, 2008). Para Soares e Ferreira (2000) os silos propiciam, principalmente, o armazenamento dos grãos e a simplicidade no momento de carregar e descarregar o produto nessas estruturas.

A ação de armazenar grãos em recipientes verticais vem sendo utilizada há séculos. No entanto, as grandes estruturas de silos utilizadas para o emprego comercial só começaram a ser erguidos a partir dos meados do século XIX. Foi então que a utilização de silos tem aumentado não apenas para estocar grãos, como também, para o acúmulo de variados tipos de materiais granulares (KEHL, 2015). O silo é um tipo de estrutura, geralmente de forma cilíndrica, que tem como objetivo o armazenamento e a conservação de produtos agrícolas ou industriais, na qual podem ou não apresentar sistemas de aeração e possuem as condições favoráveis para manter a qualidade dos produtos armazenados, por grandes períodos de tempo (CALIL JUNIOR; CHEUNG, 2007).

Devido ao fato de existirem diferentes tipos de silos, para cada aplicação específica, é visto com frequência a sua construção próximos uns dos outros, com a finalidade de simplificar o deslocamento dos materiais que estão armazenados e eliminar possíveis despesas (KEHL, 2018). Na maioria das vezes essas estruturas ficam localizadas em locais de simples acesso, geralmente próximas a rodovias ou ferrovias, facilitando assim, um escoamento da produção agrícola de forma mais eficiente (MESSIAS, 2015). Os silos que são designados unicamente para o armazenamento de grãos são conceituados como silos graneleiros e possuem o

princípio básico de conservar os grãos secos, inibindo a deterioração dos mesmos (SOARES; FERREIRA, 2000).

Como já foi visto, os silos podem ser construídos de diferentes tipos de materiais. Entretanto, o que é essencial é que, independente do material utilizado, os mesmos possuam uma estrutura que mantenha, de forma adequada, a temperatura e umidade, assegurando que o grão fique protegido, conservando, assim, o produto armazenado dos fatores externos (ROCHA; FARIA, 2018). Os silos de estrutura metálica são bastante difundidos no Brasil.

2.11 Silos metálicos de fundo plano

Para Lacovic (2014), uma das formas de diminuir os problemas relacionados ao déficit de unidades armazenadoras no Brasil é a utilização de silos do tipo metálico em fazendas e cooperativas industriais. Os tipos de unidades armazenadoras mais utilizadas no Brasil são os silos metálicos cilíndricos de chapas corrugadas e cobertura cônica. Eles são eficazes, possuem custo baixo e simples montagem, utilizados tanto em cooperativas e fazendas, como em agroindústrias (ANDRADE JUNIOR; CALIL JUNIOR, 2007). As chapas corrugadas são capazes de proporcionar maior rigidez a todo o conjunto do silo, prevenindo deformações tanto na montagem quando na utilização e manutenção (ROCHA; FARIA, 2018).

Os silos metálicos possuem uma gama de muitos elementos estruturais para a sua montagem, na qual são ligados por parafusos, onde todo o conjunto situa-se apoiado pontualmente sobre uma base, denominada viga anel, que recebe esse nome por ser uma estrutura de concreto em forma de anel rígido, sendo esta uma parte que trabalha independente da laje. Recebem uma classificação levando em consideração a relação altura/diâmetro (H/D), sendo que, se H/D for igual ou menor a 0,5, o silo recebe o título de silo curto, quando H/D estiver na faixa de 0,5 e 1,5 é tido como silo médio, e H/D maior que 1,5 designa-se como silo longo. A parte cilíndrica é constituída em chapas metálicas corrugadas, na qual possui dimensões comerciais de diâmetro, altura e volume de diferentes formas, variando conforme a necessidade do cliente (SÉRVULO, 2012). Os silos de fundo plano são tidos como sendo a escolha mais favorável no quesito armazenagem de grãos por longos períodos que, segundo Sérvulo (2012), se dá por possuírem um baixo custo por

tonelada armazenada, tornando possível a ampliação vertical e otimizando espaços na instalação.

As partes integrantes do corpo do silo metálicos são as chapas (Figura 16), os montantes (Figura 17) e anéis de reforço (Figura 18). Envoltos nas paredes estão as chapas de perfil ondulado e na cobertura são instalados os perfis trapezoidais. As chapas metálicas, depois de montadas, formam os anéis, na qual, variam de espessura em virtude da carga que deverão aguentar. Já os montantes, também conhecidos como colunas, que são montados na parte de dentro ou de fora do silo, dependendo do projeto, apresentam em todas as peças o mesmo perfil, assegurando assim, uma melhor estética visual após montada. Os anéis de reforço possuem a finalidade de tornar a estrutura mais enrijecida, principalmente contra as pressões causadas pelo vento e que não são atenuados unicamente pelas chapas laterais e pelos montantes (SCALABRIN, 2008).

Figura 16 - Chapas metálicas



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 17 - Montante do silo



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 18 - Anéis de reforço do silo



Fonte: Elaborado pelo autor

Os silos com células de fundo plano, em questões de volume de grãos armazenados, precisam de menos altura e, em contrapartida as outras variedades, como visto anteriormente, possui um consumo inicial pequeno (FREITAS; CALIL JÚNIOR, 2005). Estruturalmente falando, essas obras precisam ser dimensionadas com muito cuidado e atenção.

2.12 Projeto estrutural de silos

Ao tratar sobre comportamento estrutural, Fank (2010) afirma que o mesmo tem sido assunto de inúmeras pesquisas relacionadas ao armazenamento e seus processos, tendo em vista que não há uma padronização no que diz respeito ao dimensionamento desses elementos. Um sistema de armazenamento cujo dimensionamento técnico é satisfatório e bem executado, conforme Freitas (2011), possui vantagens como:

- Têm-se uma melhor conservação do produto, livre do acesso de insetos e roedores;
- Armazenamento seguro, correto e econômico;
- Aproveitamento de áreas pequenas para o acúmulo em maiores quantidades.

Segundo Messias (2015):

O projeto estrutural de um silo possui suas convergências e particularidades com os demais projetos de engenharia, tais como: a geometria, a funcionalidade (o carregamento e descarregamento), ações do vento, propriedades químicas e físicas dos produtos armazenados, impacto ambiental, tráfego de veículos pesados, que necessitam de um olhar diferenciado em relação aos demais projetos de engenharia (MESSIAS, 2015, p. 19).

É de suma importância que haja um desenvolvimento dos projetos estruturais de silos seguindo as técnicas e materiais que satisfaçam as normas de segurança, garantindo um armazenamento correto dos grãos (REIS, 2016).

De acordo com Cheung, Calil Junior e Bertocini (2015):

As falhas estruturais em silos podem provocar a propagação de um dano localizado em uma reação em cadeia, resultando, eventualmente, no colapso de toda uma estrutura ou, desproporcionalmente, de grande parte dela; também conhecido como colapso desproporcional (2015, p. 4).

Os mesmos autores ainda reforçam que são várias as causas que levam a ruptura dos silos, especificamente:

Mudança no campo de pressões induzidos pelo produto; alteração nas propriedades dos produtos armazenados (peso específico, efetivo ângulo de atrito interno, ângulo de atrito com a parede); modificação na geometria do projeto original ou mudança no revestimento das paredes; grau de umidade do produto armazenado; excentricidade de carregamento ou descarregamento não previstos; falhas de projeto e erros de operação (CHEUNG; CALIL JUNIOR; BERTOCINI, 2015, p. 4).

Como consequência da grande eficiência estrutural da forma cilíndrica e da resistência elevada do aço, essas estruturas são leves, de chapas delgadas e de grandes dimensões em relação ao peso-próprio, o que torna este tipo de silo susceptível ao problema de perda de estabilidade local e global da estrutura (ANDRADE JUNIOR; CALIL JUNIOR, 2007).

O local onde o silo vai ser executado é um fato determinante para a elaboração do projeto estrutural do mesmo. A escolha do local deve ser feita após análises prévias, na qual deve-se verificar a capacidade de carga do solo, cujo objetivo é identificar se o mesmo suportará as cargas aplicadas pela estrutura, acrescido de todas as licenças necessárias, bem como o estudo de viabilidade técnica e econômica, analisando se a região de implantação tem possibilidade de receber a obra e se possui todo o aparato de material e obra prima qualificada (KLEPER WEBER, 2016).

Quando se calcula um silo, certos carregamentos são importantes e precisam ser levados em consideração para o dimensionamento dessas estruturas, ambos essenciais para a segurança da estrutura (KEHL, 2015). Um conhecimento básico

sobre o tipo de grão que será armazenado na estrutura também é requerido, em especial, sobre as suas propriedades físicas.

2.12.1 Propriedades físicas dos grãos

Para uma elaboração de projeto de silos é fundamental que se conheça os parâmetros referentes as propriedades do grão, dentre elas, as propriedades físicas. Messias (2015) destaca algumas delas, tais como, compressibilidade, tipo de fluxo, densidade, ângulo de repouso, ângulo efetivo de atrito interno, ângulo de rotura e ângulo de atrito interno. Teixeira completa que:

O embasamento teórico das propriedades físicas do produto armazenado e de suas interações com a geometria do silo se fazem necessários para predizer o padrão de fluxo que irá ocorrer durante a descarga do produto, as possíveis obstruções no fluxo e quais as pressões que incidirão nas paredes e na tremonha do silo, possibilitando um projeto seguro e econômico da estrutura (TEIXEIRA, 2016, p.11).

Para o mesmo autor, também devem ser consideradas as propriedades físicas e de fluxo dos produtos armazenados na elaboração do projeto estrutural. As que são destacadas por ele são as seguintes (TEIXEIRA, 2016):

- Ângulo de repouso (φ_r);
- Ângulo de atrito interno (φ_i);
- Efetivo ângulo de atrito interno (φ_e);
- Ângulo de atrito com a parede (φ_w);
- Granulometria;
- Massa específica (ρ);
- Função fluxo (FF) e
- Fator fluxo da tremonha (ff)

2.12.2 Ações em silos

Entender as ações que acontecem nos silos é preponderante para que o projeto estrutural seja concebido. Essas ações são classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais. As ações permanentes são aquelas geradas pelo peso

próprio da estrutura, juntamente com todos os seus equipamentos (plataformas, coberturas, etc.). Já as variáveis dizem respeito a carga do próprio grão armazenado (carregamento e fluxo do produto), pressão ou sucção dos gases, ação do vento e forças de fixação dos equipamentos internos e externos presos na estrutura do silo. Dentro das ações excepcionais, ou também conhecidas como especiais, encontram-se as situações que podem vir a ocorrer pela colisão de veículos na direção da estrutura, possíveis explosões geradas pelo pó e outros elementos, expansão do grão no momento da descarga, discrepância de temperatura e recalque diferencial da fundação. Cabe destacar ainda que, as pressões sucedidas nas paredes do silo, devem ser observadas, pois o mesmo possui ciclos de carregamento no decorrer do seu uso e a estrutura é solicitada em pelo menos três momentos distintos, nas quais são, armazenagem, carregamento e descarga (TEIXEIRA, 2016).

No Brasil ainda não existe uma norma própria para a construção de silos ou que trate das ações impostas a essas estruturas, porém algumas normas de outros países são utilizadas para o dimensionamento dessas estruturas, bem como EN 1991-4 (Europa), AS 3774/1996 (Austrália), DIN 1055-6/2005 (Alemanha) e ISO – 11697/1995 (SÉRVULO, 2012). Cabe destacar que, em detrimento da não existência de uma norma específica, correspondente ao cálculo das ações do produto nos silos, tem-se percebido um aumento na quantidade de acidentes em silos no Brasil (CHEUNG; CALIL JUNIOR; BERTOCINI, 2015).

O sistema de armazenamento do tipo silo graneleiro é composto pelos elementos de fundação, pilares, laje ou fundo da célula, célula, cobertura e torre (SAMPAIO, 2018). Na sequência será dado um enfoque maior para a área das fundações.

2.13 Fundações

A fundação, dentro da engenharia civil, é tida como o elemento estrutural que tem como finalidade a transmissão ao solo, através do contato direto, dos carregamentos existentes na estrutura, compreendendo o peso próprio, cargas dos equipamentos, ação do vento, carregamentos variados, entre outros. O projeto de fundação concebe e elabora, através do dimensionamento, soluções que serão capazes de assegurar que as cargas solicitadas sejam transmitidas ao solo, de forma a garantir que a resistência do mesmo seja compatível com todas as

solicitações da construção (SAMPAIO, 2018). As fundações também são conhecidas como a infraestrutura da obra, na qual conceitua-se como sendo o agrupamento de elementos que estão envolvidos pelo solo, diferenciando-se da superestrutura, onde é a parte que se encontra acima do nível do solo (ROCHA; FARIA, 2018).

O sistema de fundações é constituído pelo componente estrutural que fica no solo (podendo ser, por exemplo, blocos, sapatas, estacas ou tubulões), juntamente com o maciço de solo circundando a base e ao longo do fuste. A fundação tida como a mais apropriada é aquela que sustenta as cargas provenientes da estrutura, de forma segura e que se adapta a topografia e maciço do solo, bem como, garante economia e solidez, sem abalar a estabilidade das construções vizinhas. É de suma importância que os projetos estruturais e o de fundações sejam arquitetados em união, dado que, alterações feitas em um, ocasionam reações imediatas no outro, transformando-as em obras mais seguras e aperfeiçoadas (SÉRVULO, 2012).

As fundações são divididas em dois grupos específicos, convencionadas em função da profundidade do solo resistente na qual está construída a sua base, sendo elas, diretas (ou superficiais) e indiretas (ou profundas) (ABNT, 2010).

A diferença entre esses dois tipos de fundações está relacionada a forma como é transferida ao solo as cargas de cada uma. As diretas passam todas as cargas para o solo através de sua base, ao tempo que, as indiretas, transmitem os esforços ao solo por meio do fuste e pela sua ponta (ROCHA; FARIA, 2018).

2.14 Projeto de fundações

Velloso e Lopes (2010) destacam alguns elementos fundamentais para a elaboração de um projeto de fundação, nas quais são:

- Topografia da área (levantamento topográfico);
- Dados geológicos/geotécnicos (investigação do subsolo);
- Dados da estrutura a construir (tipo e uso da obra, sistema estrutural e construtivo, cargas); e
- Dados sobre construções vizinhas (tipos de estruturas e fundações, desempenho).

Segundo Sampaio (2018), ao se projetar uma fundação, o principal cuidado está com o tipo de solo que se tem, devido ao fato de que, na maioria das vezes,

não se tem nenhum controle sobre este material e, também, sua caracterização é complexa e dificultosa. Raríssimas serão as ocasiões em que o projetista deterá de ensaios de laboratório que atinjam uma qualidade necessária e que traga segurança sobre todos os parâmetros do solo.

Sérvulo (2012) explica que as fundações quando são projetadas de forma correta equivalem de 3 a 10% dos gastos totais da estrutura. Entretanto, quando são mal dimensionadas, chegam a representar, em muitos casos, um aumento entre 5 a 10 vezes o seu custo. Na hora de definir qual a fundação mais apropriada a se utilizar, é necessário entender quais os esforços que atuam na edificação, conhecer os elementos estruturais que constituem as fundações e as propriedades do solo.

2.15 Fundações de silos

A consistência de uma edificação advém, principalmente, de um dimensionamento correto das fundações. No campo da engenharia a evolução desse segmento é grande, garantindo até mesmo com que as estruturas com maior peso, em solos tidos como ruins, fiquem estáveis. Por isso, cabe ao profissional técnico responsável, dentre os vários sistemas, equipamentos e processos executivos existentes, reconhecer qual a maneira mais adequada a seguir e analisar as particularidades da construção e do terreno (BIANCHIN, 2013). Como já foi dito anteriormente, não existe no Brasil uma norma específica que trate dos procedimentos de cálculo estrutural para esse tipo de elemento em específico, por isso, para a elaboração dos projetos são utilizadas algumas normas internacionais, dificultando ainda mais para os responsáveis por tais projetos (FANK, 2015).

Diferentemente de outros tipos de obras, em se tratando de fundações, os silos requerem uma atenção maior, pois o empreendimento possui algumas particularidades que são impostas ao solo no que tende aos carregamentos, que costumam ser invariáveis e tendem a ter maior intensidade mediante a concentração de cargas a partir do lançamento dos grãos coletados, em uma área razoavelmente pequena, atendendo a necessidade pela qual o silo é construído (SAMPAIO, 2018). Outro fator de importância no dimensionamento das fundações é o que ocorre quando os grãos são depositados na estrutura de forma não uniforme. Esse processo pode gerar uma pressão também não uniforme, causando problemas na

base, ou quando há a distorção do bulbo de pressão, ocasionado pela carga vertical do peso do material, que foi lançado fora do centro (SANTOS, 2017).

A escolha do tipo de fundação a ser usada nesse tipo de estrutura, apesar de mais complexas, usam das mesmas condicionantes para a escolha das outras edificações, o diferencial está no fato de que o recalque nos silos é mais crítico, o que precisa ser considerado com maior cuidado e atenção. O recalque é um dos fenômenos que merecem destaque na área de fundações, pois acontece quando, ao sofrer um certo carregamento, uma determinada fundação sofre um rebaixamento, devido à presença de vazios no solo, ao tempo que estes são adensados e o evento então advém (ROCHA; FARIA, 2018). Todos os tipos de construções estão susceptíveis a patologias, o que não é diferente com os silos. Essas patologias, em sua maioria, comprometem a estrutura e reduzem seu desempenho e ciclo de vida. No caso dessas estruturas os resultados podem ocasionar sérios problemas, desde a contaminação e perda do material e do recipiente, altos custos de substituição, limpeza, perdas ambientais e riscos ao ser humano (SILVA NETO, 2013).

Observa-se que os silos são estruturas que possuem, devido aos recalques, um índice de ruína considerável, que está diretamente ligado ao funcionamento das fundações que o sustenta, na qual, quando são calculadas e dimensionadas, segue como fator principal as tensões distribuídas entre o fundo e o anel da base do silo (BIANCHIN, 2013). Para ser eficaz e não ocorrer rompimentos, as camadas do solo devem resistir bem as cargas vindas da estrutura para as fundações. O silo de estrutura metálica, de forma cilíndrica, alicerçados sobre uma fundação profunda, do tipo estaca, combinadas e ligadas através de um bloco de coroamento é o mais comumente utilizado no Brasil (ROCHA; FARIA, 2018).

2.16 Fundações em estacas

Utiliza-se as fundações do tipo profundas quando as primeiras camadas do solo, conhecidas como solos superficiais, não possuem capacidade suficiente para suportar grandes cargas ou estão passíveis de erosões e, também, quando há expectativa de que futuramente seja realizado alguma escavação próximo a obra a ser construída. Dentre as fundações profundas encontram-se as estacas (VELLOSO; LOPES, 2010).

De acordo com a Norma Brasileira (NBR) 6122 (ABNT, 2010), as estacas caracterizam-se como sendo fundações do tipo profunda, na qual é executada por inteiro com o uso de equipamentos ou ferramentas, não havendo a necessidade de haver descida de pessoas em nenhum momento durante a execução da obra.

As fundações do tipo estacas, conforme Alonso

(...) são elementos estruturais esbeltos que, colocados no solo por cravação ou perfuração, têm a finalidade de transmitir cargas ao mesmo, seja pela resistência sob sua extremidade inferior (resistência de ponta), seja pela resistência ao longo do fuste (atrito lateral) ou pela combinação dos dois (ALONSO, 2010, p. 73).

A procura pelo emprego das estacas como elementos de fundação na construção civil, na atualidade, é grande, bem como, a variedade de tipos que existem, na qual diferem-se pelo método executivo e materiais empregados. As estacas, em se tratando do tipo de material, podem ser de concreto, madeira, metálicas ou mistas (VELLOSO; LOPES, 2010). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 6122 (ABNT, 2010) classifica os tipos de estacas conforme quadro abaixo:

Quadro 1 - Tipos de estacas segundo a ABNT

1	Estaca hélice contínua
2	Estaca metálica ou de aço
3	Estaca Franki
4	Estaca Strauss
5	Estaca escavada mecanicamente
6	Estaca escavada com injeção
7	Estaca raiz
8	Estaca de concreto moldada in loco
9	Estaca pré-moldada

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6122 (2010).

Alguns fatores precisam ser levados em consideração ao escolher qual o tipo de estaca vai ser utilizada para uma determinada obra. Dentre estes fatores estão o local e tipo de estrutura, as características do solo, bem como, o nível do lençol freático, resistência e longevidade e, no quesito custos, a economia para o cliente (MARANGON, 2009).

“A grandeza fundamental para o projeto de fundações profundas por estacas é a carga admissível” (ABNT, 2010, p. 24). De acordo com Alonso (2010), para se

calcular a capacidade de carga de uma estaca existem duas formas distintas, nas quais são, a realização de provas de carga ou através de métodos semi-empíricos, tais como, o método de Aoki e Velloso e o método de Decourt e Quaresma. Esses métodos são utilizados, também, para o cálculo da carga admissível das estacas.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa utilizou-se de materiais e métodos divididos em etapas, nas quais são apresentadas nos itens abaixo discriminados:

3.1 Etapas

As etapas desenvolvidas ao longo do trabalho iniciaram-se com a pesquisa bibliográfica, seguidas da caracterização da área do estudo de caso, acompanhamento da obra e registro de dados, análise e tratamento desses dados, finalizando com a elaboração e aplicação de um questionário avaliativo referente a qualidade dos métodos construtivos de execução de obras específico para unidades de armazenamento de grãos. Nos itens seguintes são explicadas cada uma delas.

3.1.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada durante todo o período de execução deste trabalho e consistiu na organização das informações, dados e pesquisas, baseadas nas literaturas existentes referentes a temática, a fim de se obter uma boa base teórica para a construção e desenvolvimento da investigação do estudo de caso, bem como, na elaboração dos resultados alcançados por tal. Nessa etapa focou-se no tema escolhido, como forma de aprofundamento do assunto, verificando trabalhos de equivalência, utilizando-se desses mecanismos para o desenvolvimento e conclusão do referido trabalho.

3.1.2 Caracterização da área do estudo de caso

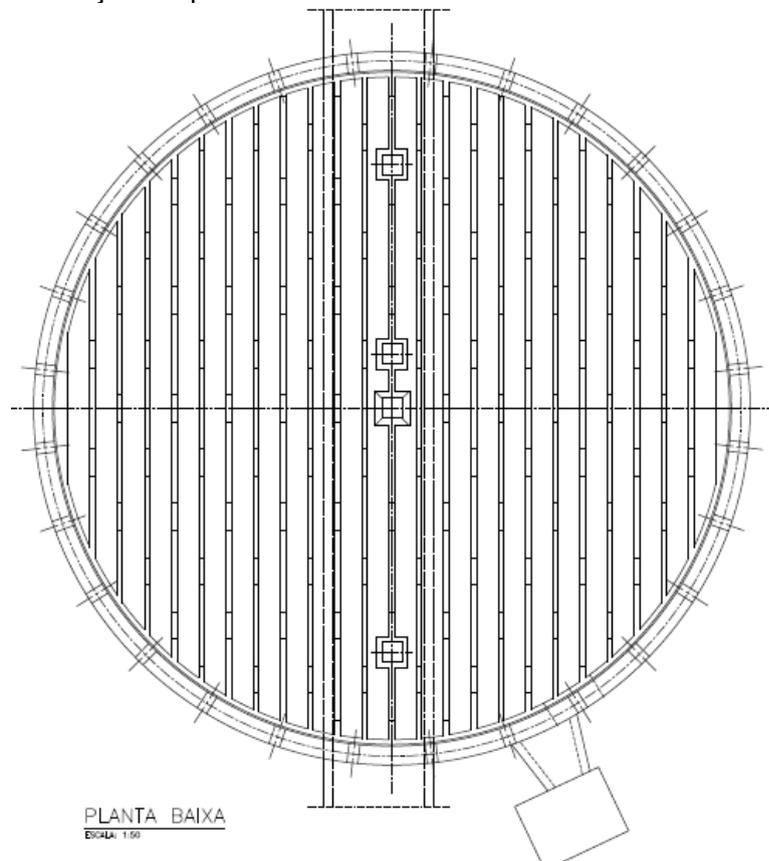
O estudo de caso ocorreu na unidade de produção agrícola “fazenda Chapadão da Serra”, pertencente ao grupo Montina, localizada na zona rural do município de Sambaíba, região sul do estado do Maranhão, faixa essa que concentra a maior parcela da produção de grãos do Estado. A fazenda é referência na produção de soja e milho, nas quais serão as culturas armazenadas nos silos construídos. Com isso, a referida unidade de armazenagem de grãos, foi o objeto de estudo, na qual, realizou-se análises ao longo do processo de execução das

fundações dos silos. Abaixo encontram-se as especificações e características referentes ao modelo do silo, fundação e demais estruturas pertencentes ao estudo de caso, tais como viga anel, laje central e canais de aeração.

3.1.2.1 Modelo do silo

O modelo do silo montado na unidade é denominado como silo pulmão, versão 120 SL 12,73/18^a, da fabricante Comil Silos e Secadores LTDA, cuja capacidade de armazenamento é de 28.100 sacos e possui raio de 6,58 m, com um total de 18 anéis e 28 montantes, sendo 100% aerado, cujo projeto arquitetônico encontra-se no anexo B, com um breve detalhamento na figura 19. O projeto estrutural foi desenvolvido pelo engenheiro civil responsável pela construção da base do silo e encontra-se no anexo C. Ambos os projetos foram autorizados a serem reproduzidos neste trabalho pelos responsáveis pelo seu desenvolvimento, bem como, também, pelo proprietário da obra.

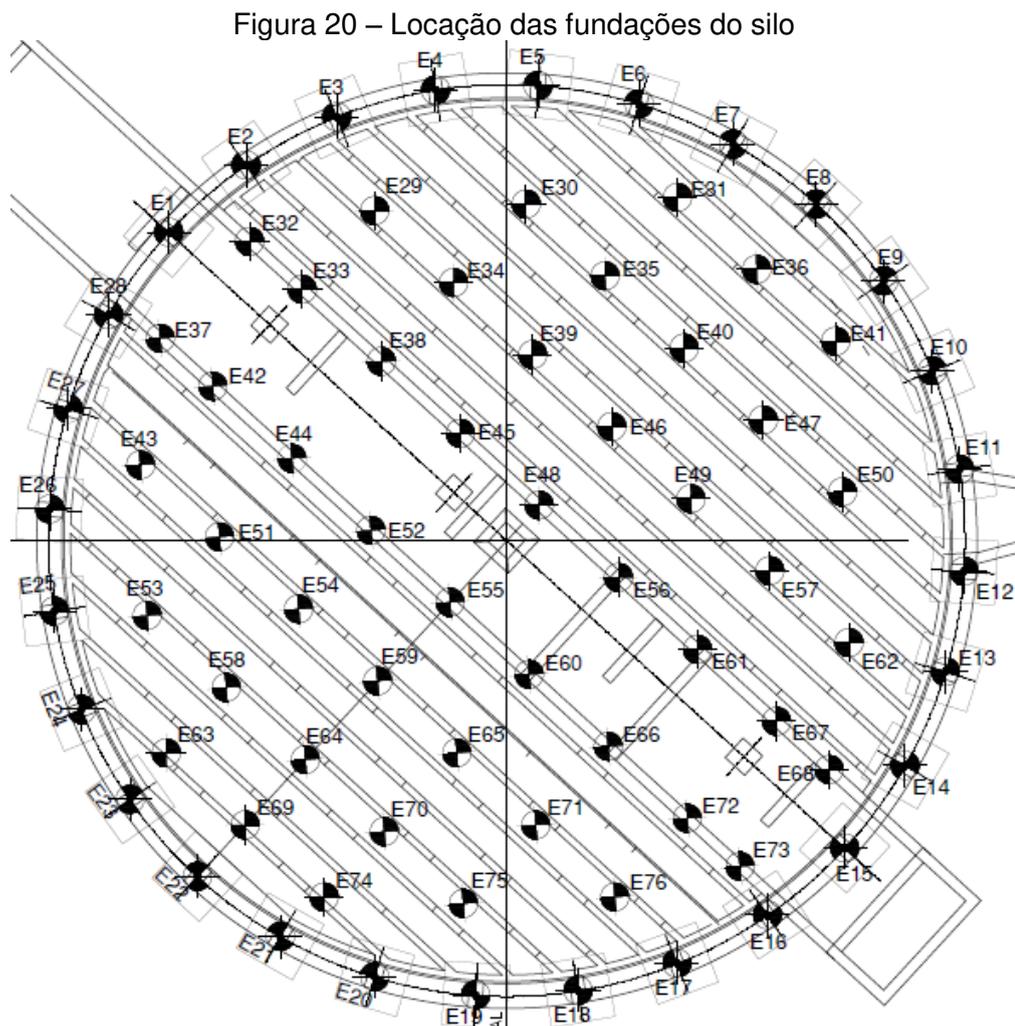
Figura 19 - Projeto arquitetônico da base do silo da obra do estudo de caso



Fonte: COMIL SILOS E SECADORES LTDA (2017)

3.1.2.2 Tipo de fundação

Segundo projeto estrutural desenvolvido pelo engenheiro técnico responsável pela obra, a fundação utilizada foi do tipo estaca escavada mecanicamente moldada *in loco*, com o auxílio de uma perfuratriz, contendo como elemento de ligação os blocos de coroamento, em consonância com o projeto apresentado (Figura 20). O equipamento contém uma torre metálica com um trado helicoidal, unida a um caminhão ou esteira, possibilitando a ele uma multifuncionalidade e uma maior mobilidade na escavação do solo. O diâmetro das estacas escavadas na obra foi de 40 cm, com profundidades dos furos variadas, conforme apresentado no anexo D, chegando ao todo, a uma quantidade de 76 estacas escavadas para sustentação do silo. Foram utilizados para armação longitudinal 8 ferros, com diâmetro de 12.5 mm e estribos com ferro de diâmetro 6.3 mm, a cada 15 cm um do outro.



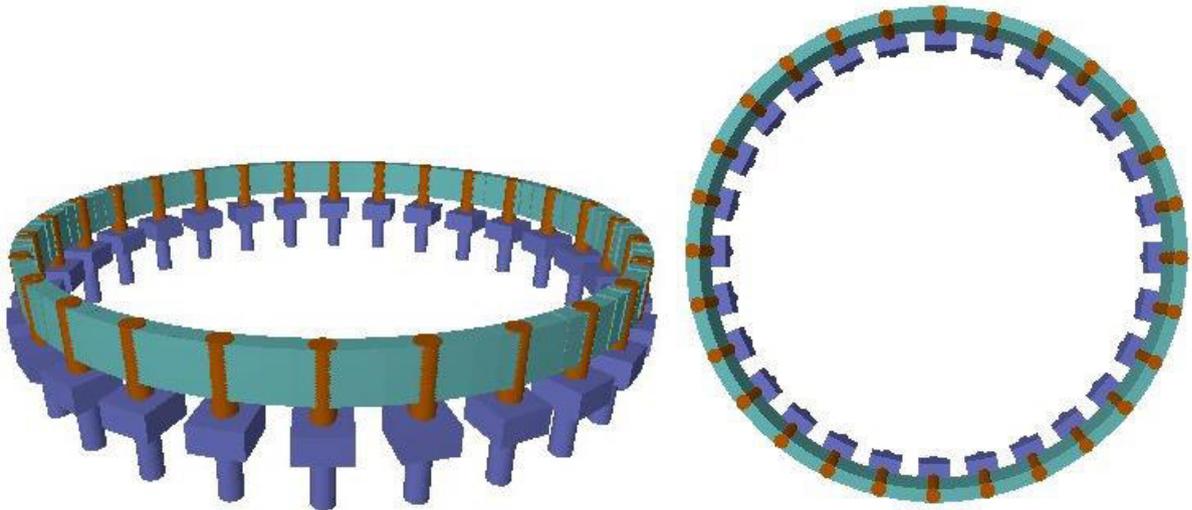
Fonte: Cunha (2018)

3.1.2.3 Viga anel

A carga da estrutura metálica do silo para o anel é transmitida através de um número de 28 montantes. A viga anel foi executada, segundo projeto (Anexo B), com 35 cm de largura, por 90 cm de altura. Essa parte deve ser executada perfeitamente circular e concêntrica, sendo que sua superfície tem que estar nivelada e com bom acabamento superficial.

A viga anel, ou simplesmente anel externo, é a parte da estrutura que suporta os montantes na qual transferem as cargas provenientes do produto armazenado no silo (vertical) e do vento (vertical e horizontal). Na figura 21 é possível observar a vista 3D das fundações e a viga anel, em vista superior, em forma circular e encontra-se na tonalidade verde.

Figura 21 – Vista 3D das fundações e superior da viga anel



Fonte: CUNHA (2018)

3.1.2.4 Laje central independente

Como a laje central é o objeto estrutural que suporta a pressão vertical dos grãos, ela atua de forma independente da viga anel, não sendo as duas partes ligadas entre si, ou seja, são duas estruturas que trabalham de formas isoladas, cada uma executando seu papel dentro do projeto estudado nesta pesquisa. A espessura da laje de concreto armado do estudo de caso foi de 20 cm, possuindo duas malhas armadas ao longo de toda a sua extensão.

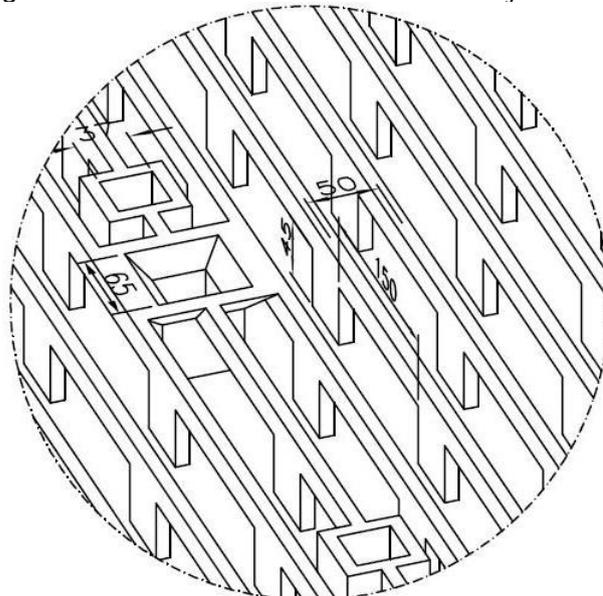
3.1.2.5 Canais de aeração

Os canais de aeração do objeto de estudo dessa pesquisa são tidos como 100% aerados, conforme detalhamento existente na planta baixa (Anexo A) e apresentado na figura 22. É por meio desses “vazios” localizados entre os minipilares que o ar é então movimentado, chegando até os grãos que estão armazenados no silo. A aeração é a movimentação forçada de ar ambiente, a fim de melhorar as condições de armazenamento.

3.1.3 Acompanhamento da obra e registro de dados

Nesta etapa foi realizado o acompanhamento da execução da obra, com visitas *in loco* e o levantamento fotográfico, onde ocorreu o registro dos dados de toda a construção em questão, analisou-se e colheu-se todas as etapas dos processos e técnicas construtivas utilizadas, bem como, todas as informações necessárias para a elaboração do trabalho.

Figura 22 - Detalhes dos canais de aeração do silo



Fonte: COMIL SILOS E SECADORES LTDA (2017)

Logo abaixo encontram-se as etapas que foram executadas para a obra em estudo:

- Preparação do canteiro de obra: centrais de trabalho, organização do local e mão de obra;
- Locação da obra;
- Execução das fundações: escavação, armação e concretagem;
- Escavação do túnel;
- Blocos de coroamento: escavação, compactação, fôrmas, armação e concretagem;
- Preparação do túnel: fundo, paredes e laje;
- Execução da viga anel: fôrmas, armação e concretagem;
- Execução da laje do piso (laje central): compactação, armação e concretagem;
- Execução dos canais de aeração: fôrmas, armação e concretagem;

Durante a execução de toda a estrutura, utilizou-se uma câmera para o levantamento fotográfico e, para o registro de dados, usou-se uma prancheta, na qual foi anotada todas as informações pertinentes sobre cada etapa do processo construtivo.

3.1.4 Análise e tratamento dos dados

De posse dos dados registrados na etapa anterior, foi feita uma análise de todas as informações coletadas para a identificação das etapas da construção, os problemas que foram encontrados, as alternativas utilizadas durante o processo construtivo e todos os mecanismos que envolvam a engenharia civil, realizando uma comparação, seguindo literaturas, normas e trabalhos técnicos da área, visando o melhor desenvolvimento e aprofundamento no referido âmbito da pesquisa.

3.1.5 Elaboração e aplicação do questionário avaliativo referente a qualidade dos métodos construtivos de execução de obras

Atendendo a proposta expressa como um dos objetivos do presente trabalho, elaborou-se um questionário avaliativo sobre a qualidade dos métodos construtivos de execução da obra, levando em consideração as etapas construtivas de um silo

graneleiro, conforme as anotações e observações realizadas, em especial, durante as visitas *in loco* na construção, referentes ao estudo de caso em questão e ponderadas nas etapas anteriores. Foram selecionados os itens e subitens e, com isso, montou-se a tabela com o questionário avaliativo, na qual encontra-se no apêndice A. A ausência de questionários referentes a qualidade e análise dos processos construtivos desse tipo de obra contribuiu para o desenvolvimento do mesmo, com o objetivo de criar um mecanismo que ajudasse a avaliar, de forma qualitativa, o desenvolvimento dessas construções, bem como, de outras obras semelhantes a esta.

No questionário avaliativo desenvolvido foram atribuídos um total de cinco conceitos, na qual, encontram-se expressos no quadro 2, onde cada um deles possui um significado específico que denota o teor da avaliação requerente, cuja nota é atribuída conforme análise qualitativa, munidas de embasamento teórico e prático a respeito de cada um dos itens analisados, bem como, do acompanhamento da execução da estrutura.

Quadro 2 - Conceitos e seus respectivos significados utilizados na aplicação do questionário avaliativo

CONCEITO	SIGNIFICADO
A	<i>Excelente</i>
B	<i>Bom</i>
C	<i>Médio</i>
D	<i>Ruim</i>
E	<i>Péssimo</i>

Fonte: elaborado pelo autor

Os itens utilizados no questionário de avaliação foram, mediante o acompanhamento da execução da presente obra, os seguintes:

- Canteiro de obra;
- Locação da obra;
- Fundações;
- Blocos de coroamento;
- Túnel do silo;
- Viga anel;
- Laje central;

- Canais de aeração; e
- Diversos.

Dentro de cada item elencado acima, foram distribuídos subitens, na qual, serão alvos da atribuição dos conceitos já comentados anteriormente. Os subitens são apresentados no quadro 3. No questionário avaliativo existem algumas sugestões de quesitos que o avaliador pode levar em consideração ao atribuir as notas aos respectivos subitens, podendo ficar a critério do responsável por preencher a ficha o aval de acrescentar ou retirar pontos que não forem interessantes para a sua aplicação. Para o desenvolvimento do questionário no presente estudo de caso, os quesitos elencados no escopo da tabela foram utilizados para realizar a avaliação da qualidade dos métodos construtivos utilizados na obra.

Todos os itens foram avaliados levando em consideração os principais pontos, os métodos construtivos utilizados, as adequações que foram feitas e a mão de obra e os equipamentos envolvidos em cada etapa. A mão de obra, no que tende aos itens executáveis, já está incluso dentro da avaliação pontual das atividades.

A análise final do questionário fica a critério do avaliador, podendo transformar os dados qualitativos em dados numéricos, como por exemplo, em forma de porcentagem, obtendo uma melhor averiguação dos resultados alcançados ou através de gráficos ilustrativos, utilizando de ferramentas visuais para explanação dos dados. Pode ser feito, também, um relatório contendo os principais pontos observados durante a execução, juntamente com possíveis sugestões de melhorias para os itens que obtiverem conceitos entre regular e péssimo. Na aplicação da avaliação na estrutura do estudo de caso preferiu-se, para a averiguação final, utilizar os dados através de gráficos qualitativos e, por fim, usando em forma de percentuais quantitativos.

Quadro 3 - Itens e subitens avaliados no questionário avaliativo de qualidade

ITENS AVALIADOS
1. Canteiro de obra
1.1 Organização do canteiro
1.2 Qualidade e quantidade de matéria-prima
1.3 Mão de obra e terceirização
1.4 Equipamentos e maquinários
1.5 Planejamento da obra
2. Locação da obra
2.1 Escolha do local
2.2 Método adotado
3. Fundações
3.1 Fundação escolhida
3.2 Processo de escavação da fundação
3.3 Armação
3.4 Concretagem
4. Blocos de coroamento
4.1 Escavação
4.2 Fôrmas
4.3 Armação
4.4 Concretagem
5. Túnel do silo
5.1 Escavação
5.2 Preparação do fundo
5.3 Paredes (Armação, fôrmas e concretagem)
5.4 Laje (Armação, fôrmas e concretagem)
6. Viga anel
6.1 Serviços preliminares
6.2 Armação
6.3 Fôrmas
6.4 Concretagem
7. Laje central
7.1 Serviços preliminares
7.2 Armação
7.3 Concretagem
8. Canais de aeração
8.1 Armação
8.2 Fôrmas
8.3 Concretagem
9. Diversos
9.1 Meio ambiente e sustentabilidade
9.2 Tempo de execução
9.3 Métodos construtivos
9.4 Segurança no trabalho

Fonte: elaborado pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados, neste tópico, os resultados obtidos para o estudo de caso desta pesquisa e as discussões a respeito dos mesmos, conforme objetivos e metodologia aplicados.

4.1 Acompanhamento da obra e Registro de dados

Durante o andamento da obra, os dados coletados permitiram avaliar os possíveis pontos que podem ser melhorados, onde houve problemas e quais as melhores soluções nas diversas fases construtivas da estrutura. Nos itens a seguir são descritas as etapas de execução da base do silo, como cada uma foi desenvolvida e os destaques positivos e negativos de cada uma delas, quando houve, para, em seguida, realizar a avaliação através do questionário desenvolvido.

4.1.1 Etapas de execução da base de um silo

Abaixo está relacionada as etapas de execução, bem como a sequência construtiva utilizada para a obra em questão e os principais pontos a serem destacados e comentados.

4.1.1.1 Preparação do canteiro de obra

Nas etapas preliminares ao início de uma obra está a preparação e organização do canteiro de obras, na qual é de suma importância para que o trabalho seja executado de forma planejada e organizada. Dentro do estudo de caso apresentado, foi realizada uma preparação quanto ao canteiro de obras, através da escolha dos locais para as seguintes funções, e também equipamentos, a serem utilizados ao longo da construção:

- Espaço destinado aos agregados graúdos e miúdos (Figura 23);
- Central de concreto (Figura 24);
- Central de armação (Figura 25);
- Central de fôrmas (Carpintaria) (Figura 26);

- Maquinários;
- Mão de obra.

Figura 23 - Local destinado aos agregados miúdos e graúdos da obra



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24 - Central de concreto



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 25 - Central de armação



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 26 - Central de fôrmas



Fonte: Elaborado pelo autor

a. Cimento

Os sacos de cimento, utilizados na obra, foram depositados no pátio da fazenda, próximos aos agregados e ao depósito de água, sendo cobertos por uma lona de plástico ficando, assim, a desejar nesse quesito, já como um dos pontos a serem observados. Segundo a ABNT NBR 16697 (ABNT, 2018), o armazenamento correto dos sacos de cimento deve ser feito em ambientes secos e seguros, a fim de garantir a preservação da qualidade, permitindo que se tenha um acesso fácil a eles, não podendo ser colocado mais do que 10 sacos em pilhas e devem estar sobre estrados também secos.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) explica que o cimento já é embalado usando sacos de papel do tipo kraft, na qual possuem múltiplas folhas. Essa embalagem tem o objetivo de proteger o cimento contra a umidade desde o transporte até o local de destino. Porém, o saco de papel não tem eficácia contra a ação direta da água, pois, não é impermeável e, devido a isso, precisa ser guardado da forma correta antes do seu uso. A ABCP ainda acrescenta, junto com as indicações da norma, que o local deve ser coberto e fechado, distante do chão, do piso e até mesmo das paredes externas ou úmidas, de tanques, torneiras ou encanamentos, pois a água, que na hora de preparar o concreto ou argamassa é o maior aliado, no momento da armazenagem se torna o pior inimigo, podendo chegar a inviabilizar a sua utilização na obra (ABCP, 2002).

Faz-se então necessário essas observações a respeito da conservação dos sacos de cimento da forma correta para que, os processos construtivos que dependam desse material, dentro de uma obra, sejam executados com os mesmos em boa qualidade, garantido, assim, a segurança da estrutura. No estudo de caso percebeu-se que esse fator não afetou diretamente na qualidade de execução, pois a obra se deu em uma época em que não há ocorrências de chuvas na região e a lona de proteção colocada sobre os mesmos foram suficientes para garantir a armazenagem segura, visto que, os sacos estavam, também, sobre estruturas de madeira, impedindo seu contato direto com o solo e a umidade (Figura 24).

b. Agregados

Os agregados graúdos e miúdos utilizados nessa obra foram a areia lavada e a brita 01, na qual, ficaram armazenados a céu aberto, em contato direto com o solo, conforme visto na figura 23. Cabe evidenciar que, essa é uma prática comum por parte dos trabalhadores do ramo da construção civil, mas que deveria ser evitada, pois, a fim de se preservar o material de contaminação ou a inutilização do mesmo, o recomendado é não depositar diretamente no solo, mas sim sobre uma lona, com o propósito de realizar a devida proteção contra as intempéries, tais como a chuva, que pode ser prejudicial para a garantia de que o concreto alcance a resistência adequada.

Para a melhor conservação desses materiais é importante que os mesmos estejam em local de acesso fácil para descarregar e também nas proximidades de onde ele será usado, para melhor aproveitar o tempo no preparo do concreto ou argamassa. É necessário ficar atento também as quantidades de cada agregado dentro do canteiro, para que a obra não pare por falta desse material (THOMÉ, 2018). No estudo de caso houve um planejamento para que isso não acontecesse, tanto o mantimento do estoque, quanto a proximidade da central de concreto, sendo esses pontos positivos e fundamentais, pois os mesmos colaboraram para que a obra estivesse sempre avançando e não houvesse paralisações.

Mesmo que o período de execução da obra tenha sido em época de pouca ou quase nenhuma chuva na região, é importante se precaver em relação a isso. Se o material estiver sem a proteção devida é recomendado que os primeiros 5 cm do agregado, em relação ao chão, sejam desconsiderados na hora de utilizá-lo (MOTA, 2009). O mais seguro e ideal é a construção de baias para o depósito desses agregados. De acordo com Mota (2009), quando o armazenamento dos mesmos se dá em baias de contenção, conforme figura 27, diminui-se o desperdício de material devido a espalhamento ou até mesmo a mistura dos agregados.

c. Madeira

Com a madeira foram feitas todas as fôrmas para concretagem de vigas, pilares, blocos e também o escoramento dessas estruturas, sendo as mesmas reaproveitadas no decorrer da obra. Toda a madeira foi depositada dentro de um

galpão, próxima a central de carpintaria (Figura 28). O destaque está no acerto que a obra obteve por respeitar instruções quanto a estocagem da madeira, tais como, estarem armazenadas em local coberto, seguro, com ventilação, evitando o contato com água ou umidade, próxima do local de preparo, atentando também para o reaproveitamento de pedaços ou recortes que sobram em outras situações dentro da própria construção.

Figura 27 - Baias de contenção para agregados



Fonte: GEROLLA (2011)

Figura 28 - Madeira utilizada na obra



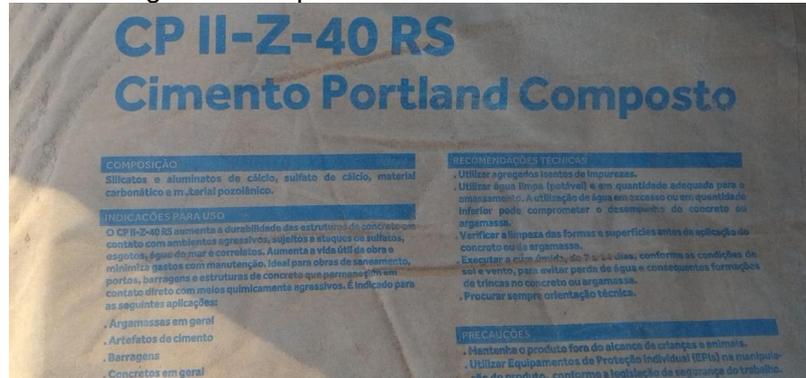
Fonte: Elaborado pelo autor

d. Características do concreto

O concreto de toda a obra foi feito com o cimento Portland (CP) composto, sendo do tipo CP II – Z – 40 RS (Figura 29). Esse cimento recebe esse nome porque possui adição de pozolana (de 6% a 14%) e é resistente a sulfatos (RS), na qual, é indicado para obras subterrâneas, que é uma das características pertencente a obra em estudo, pois boa parte da sua infraestrutura se encontra no subsolo. Esse cimento garante uma impermeabilidade e durabilidade ao concreto em maior escala e sua classe de resistência é de 40 Mpa (Mega Pascal) (PEREIRA, 2013). Devido a

essas características, segundo o engenheiro civil responsável, foi o escolhido para ser utilizado na obra, visto, também que, se encontrou no mercado local para ser adquirido em grande quantidade.

Figura 29 - Tipo de cimento utilizado na obra



Fonte: Elaborado pelo autor

Para esse ponto analisado, tem-se como positivo a escolha correta do cimento para a obra, principalmente, pelas características que ele possui e pela alta resistência que o mesmo consegue adquirir, dando assim, uma maior segurança para a estrutura.

Os demais componentes do concreto utilizados foram a areia lavada, a brita de número 01 e água tratada, sem nenhum aditivo acrescentado ao mesmo. O material foi executado em condição de preparo do tipo A, segundo a ABNT NBR 12655 (1996). O traço usado na execução do concreto armado da estrutura analisada consta no anexo F, com todas as especificações necessárias.

4.1.1.2 Locação da obra

Segundo informações repassadas pelo engenheiro civil responsável pela obra, a escolha do local para a construção do silo foi tomada pelo proprietário, juntamente à empresa responsável pelo projeto e fabricação da estrutura metálica do silo, tendo em vista que, já existe no local outro silo construído e, devido a isso, o novo armazém foi executado próximo a este, facilitando assim, todo o processo de execução da base e posterior montagem da estrutura metálica, elevadores, secadores e etc.

Silva (2000) adverte que, um ponto relevante ao se decidir por construir um armazém a granel, é a sua localização. O autor recomenda que o local deva ser

acessível e, de preferência, adjacente à unidade beneficiadora dos grãos. Dentro do presente estudo de caso, o silo encontra-se dentro da unidade produtora, próxima as terras destinadas a lavoura e possui fácil acesso, sendo mais um dos pontos positivos observados durante a implantação da unidade.

O processo construtivo da base de silo iniciou-se com a locação das fundações do silo no terreno. Para a obra em questão utilizou-se métodos convencionais de locação, através de gabaritos de madeira, estacas, pontaletes, linha, prumo de centro, trena e etc., seguindo as especificações presentes no projeto estrutural, conforme registro abaixo (Figura 30).

Figura 30 - Execução da locação da obra



Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Silva, Nogueira e Roberto (2005), o terreno deve estar o mais plano possível para a locação da obra, com boa drenagem, limpo, de preferência longe de árvores ou objetos de grandes alturas. Eles reiteram que em todos os locais que a estrutura estiver em contato direto com o solo, o mesmo deve ser bem compactado, tendo o cuidado para que, também, receba a impermeabilização necessária. Outro ponto positivo e de destaque é que o terreno para locação da estrutura do silo estava devidamente limpo, plano, não possuindo árvores perto do local, com o processo de compactação executado conforme apresentado na figura 31, facilitando os inícios dos trabalhos e seguindo as recomendações.

4.1.1.3 Execução das fundações

Existem certas exigências que precisam ser levadas em consideração para o bom andamento, qualidade e segurança da obra que está sendo construída, principalmente quando está relacionada as fundações que sustentarão toda ela,

fazendo com que a mesma exerça o papel para a qual foi edificada. Para a presente obra percebeu-se que esses quesitos foram cumpridos, contribuindo para a qualidade final da construção, como veremos a seguir.

Figura 31 - Processo de compactação utilizando um compactador mecânico



Fonte: Elaborado pelo autor

A norma que trata das fundações, cujas exigências são explicadas e esclarecidas é a ABNT NBR 6122 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 2010). Como já comentado, o tipo de fundação escolhido para a obra foi do tipo indireta, denominada de estacas escavadas. O emprego desse tipo de estaca é viável somente depois da concepção de um projeto de fundação bem elaborado, contando com o auxílio de um engenheiro estrutural para realizar tal procedimento. Torna-se necessário, ainda destacar que, é de suma importância que seja realizada investigações geotécnicas no solo onde será executada a fundação, a fim de expor as características do mesmo, para que, conseqüentemente, haja um projeto bem elaborado e uma execução bem-feita. Uma das formas mais comuns é a realização dessa investigação por meio do *Standard Penetration Test* (SPT), conhecido também como sondagem de simples reconhecimento ou ensaio de sondagem à percussão (DALDEGAN, 2016).

Cabe afirmar que não se obteve acesso a laudos de sondagem ou qualquer outro documento referente a esse assunto, ficando essa parte a cargo do engenheiro estrutural responsável pelos projetos, tendo em vista que, a elaboração dos mesmos não foi englobada nesse estudo de caso, somente a sua execução.

As estacas escavadas se apresentam como uma boa opção para projetos que desejam manter uma boa resistência, com um pequeno custo. Salienta-se que, para

alcançar todas essas benfeitorias, torna-se fundamental que haja um cuidado grande na execução e uma obediência as normas técnicas existentes. Segundo Messias (2015), a execução de uma base de um silo de fundo plano tem início pelos serviços de fundações. Notou-se que, para o estudo de caso presente neste trabalho, não foi diferente, pois o mesmo seguiu basicamente essa tendência dentro da engenharia e da construção civil, iniciando sua realização pela infraestrutura que é, geralmente, a sequência usada nas obras e que é objeto de estudo dessa pesquisa. Nessa etapa foram realizadas todas as escavações, compactações e movimentação de terra necessárias.

4.1.1.4 Escavação das estacas

Depois da etapa de locação da obra, com todas as marcações das fundações devidamente executadas, passou-se então ao processo de escavação das estacas. Como já falado, o tipo de estaca usada para a obra analisada é conhecido como estaca escavada mecanizada, na qual, utilizou-se como equipamento principal, para efetuar os furos da base, uma perfuratriz hidráulica (Figura 32). Os furos devem ser executados conforme as especificações indicadas no projeto e seguindo as recomendações da ABNT na NBR 6122 (ABNT, 2010).

Figura 32 - Perfuratriz hidráulica



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.5 Etapas realizadas na execução das estacas escavadas mecanicamente

Foi feito um paralelo entre as recomendações da NBR 6122 (ABNT, 2010) e as etapas realizadas na execução das estacas escavadas mecanicamente a fim de

pontuar algumas ponderações importantes observadas ao longo da obra, presentes nos itens abaixo.

a. Localização do instrumento de escavação

Segundo a norma ABNT NBR 6122 (2010), a execução de uma estaca tem início com a correta localização do equipamento, que é a perfuratriz, no ponto certo em que a estaca será escavada. É recomendado uma importância e atenção quanto a posição e inclinação do trado. Mesmo sendo uma atividade de fácil execução, é relevante que haja um acompanhamento minucioso do engenheiro encarregado, principalmente, na locação dos componentes das fundações, para que se alcance, assim, o resultado esperado ao final do processo. Durante a perfuração *in loco* das estacas, a equipe responsável pela realização dos furos, que mesmo sendo experiente nesse segmento, estava sendo acompanhada pelo engenheiro responsável e, devido a boa execução que ocorreu no processo de locação, com as marcações devidamente feitas, a localização do equipamento tornou-se mais fácil e seguro, alcançando assim, as recomendações postas pela ABNT (2010). Percebeu-se nessa fase que a locação da obra de forma correta é pré-requisito para que essa etapa de escavação funcione corretamente e saia tudo como planejado.

b. Perfuração

A perfuração da estaca escavada é feita através da inserção do trado helicoidal no solo. Conforme o trado adentra ao chão e, passando-se o tempo necessário, o mesmo é recolhido do furo, eliminando a parte de terra que foi escavado, realizando esse processo até que se alcance as medidas apresentadas no projeto. O trado utilizado possui, em média, 2 metros de comprimento, conforme figura 33, ficando seguro por uma haste, sendo inserido no solo e retirado até que se obtenha as profundidades constantes no projeto (DALDEGAN, 2016).

Segundo Daldegan (2016), é um procedimento simples e, quando realizado em condições boas de desempenho, torna-se rápido e economicamente lucrativo. Os furos da obra em análise para as estacas ocorreram sem que houvesse nenhum tipo de problema, perfurando as 76 estacas contidas no projeto para o silo graneleiro, alcançando no total uma quantidade de 797,70 metros de estacas

escavadas, seguindo a ordem presente no projeto, em fileira, de baixo para cima (Figura 34).

Figura 33 - Haste da perfuratriz hidráulica



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 34 - Furos devidamente perfurados e protegidos



Fonte: Elaborado pelo autor

É comum a realização do apiloamento do fundo da estaca com o soquete que, segundo a ABNT NBR 6122 (ABNT, 2010), deve constar em projeto, quando for necessário o seu uso. Na obra em estudo, tal procedimento foi executado em todos os buracos feitos com a perfuratriz para garantir uma boa compactação do fundo das valas, uniformizando e regularizando a superfície da terra, evitando que o maciço de solo se solte e mescle com o concreto.

c. Posicionamento da armadura

O passo seguinte ao da escavação foi a preparação da armadura que foi introduzida na vala. O posicionamento da ferragem deve estar presente junto ao projeto de fundações e deve ser acompanhada pelo responsável técnico da obra.

Uma das principais preocupações deve ser com o respeito a exigências de cobertura mínimo presentes na NBR 6118 (ABNT, 2014) alcançada com o emprego de espaçadores apropriados. Segundo essa norma o cobertura é de no mínimo 3 cm para componentes estruturais em contato com o solo, com classe de agressividade ambiental nível I, para ambientes rurais, que é o caso da obra estudada. O cobertura mínimo das fundações foi respeitado na concretagem.

Realizou-se, durante a construção, a montagem da armadura na central de ferragem, em paralelo com a escavação, visto que, existia mão de obra suficiente para o andamento dos dois processos, contribuindo, assim, para maior agilidade no serviço, a fim de evitar atrasos. A equipe foi dividida em duas frentes de trabalho, o que facilitou para que houvesse um bom andamento nos serviços. Esse ponto demonstrou que ter uma quantidade suficiente de mão de obra disponível é fator colaborador para que se alcance os objetivos estabelecidos.

Após a montagem das armaduras, as mesmas foram transportadas para o local e inserida nos seus devidos furos, com o auxílio de um caminhão munck, conforme visto na figura 35, o que tornou esse processo mais rápido e eficiente.

Figura 35 - Posicionamento da armadura nos furos das estacas



Fonte: Elaborado pelo autor

A norma recomenda que, em situações nas quais as estacas não estão submetidas a tração ou flexão, a armadura colocada é somente a de arranque, não possuindo função estrutural, podendo ser dispostas consecutivamente após a concretagem, de uma a uma, sem precisar de estribos, apenas deixando a espera para fora. Caso contrário, havendo função estrutural, a fim de resistir a esforços de

tração, horizontais ou momentos, a mesma deve ser introduzida na abertura antes do processo de concretagem (ABNT, 2014).

4.1.1.6 Concretagem das estacas

O recomendado pela norma (NBR 6122) é que o processo de concretagem deva ser realizado no próprio dia em que foi perfurado a vala, por meio de um funil, cujo comprimento seja de no mínimo 1 metro, com o objetivo de guiar o escoamento do concreto. Isso se dá também para que se evite que o concreto seja lançado de alturas muito grandes, ocasionando a segregação do mesmo (ABNT, 2010). Para isso, existem tubos, do tipo funil, conhecidos como tremonha, que auxiliam nesse processo (Figura 36).

Segundo Daldegan (2016), o motivo pela qual a concretagem das estacas não pode se alongar e deva ser realizado no máximo em até 24 horas após a escavação, é o fato de que as paredes do furo ficam vulneráveis e podem vir a desabar. Devido ao solo coeso da área da construção, não houve desabamentos e a concretagem demorou alguns dias após a escavação para ser realizada, não prejudicando a obra numa perspectiva geral.

Figura 36 - Funil do tipo tremonha, utilizado na concretagem de estacas



Fonte: DALDEGAN (2017)

A concretagem das estacas na obra estudada se deu após todos os furos terem sido perfurados e as devidas armações inseridas, não sendo realizadas no mesmo dia ao da perfuração da vala. Nesse ponto o método construtivo se distanciou da recomendação da norma, bem como, no que tende a ausência da presença de um funil tremonha, pois o concreto foi lançado da altura do nível do solo até ser completamente preenchida, situação vista através do registro fotográfico da

figura 37, que demonstrou ser um dos pontos para ser melhorado dentro da execução dessas obras.

Algo positivo e que colaborou para a rapidez da concretagem foi a presença de um mini caminhão betoneira, agilizando todo o processo de fabricação do concreto e o seu transporte até o local em que seria utilizado (Figura 38).

Figura 37 - Concretagem das estacas



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 38 - Mini caminhão betoneira



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.7 Cuidados importantes sobre as estacas escavadas

A NBR 6122 (ABNT, 2010) ainda traz alguns pontos importantes para serem levados em consideração. Um exemplo é em situações onde o lençol freático está presente, na qual torna-se necessário a colocação das camisas metálicas anteriormente a escavação, cuja inserção é feita no solo conforme o furo é executado, auxiliado por um martelo vibrador. Essas camisas, em muitos casos, são

reutilizadas, podendo também tornar-se inutilizável. Existe ainda casos em que é preciso a aplicação de lama betonítica a fim de estabilizar as paredes do furo, sendo usada no decorrer da escavação e retirada após a concretagem. No registro da obra não foi identificado a necessidade de uso de camisa metálica ou lama betonítica, visto que o lençol freático não se encontrava no intervalo de solo que foi escavado e o mesmo possuía boa coesão, não apresentando facilidade para escoamento.

4.1.1.8 Escavação do túnel

O túnel possuía 2,00 metros de largura por 2,10 metros de profundidade e sua escavação se deu com o auxílio de uma escavadeira hidráulica (Figura 39). Notou-se nessa etapa que, para uma obra dessa complexidade, o aparato de maquinário como o que foi utilizado nessa fase, torna o serviço mais rápido e com maior produtividade, se comparado com a utilização da mão de obra de operários. O túnel foi escavado em aproximadamente 4 horas de trabalho, sendo que, se fosse realizado com o serviço braçal dos colaboradores, demoraria cerca de uma semana para ser concluído, colaborando, assim, de forma positiva para o bom andamento da obra. Não houve nenhum tipo de problemática observada nessa etapa.

Figura 39 - Processo de escavação do túnel usando a escavadeira hidráulica



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.9 Blocos de coroamento: escavação, compactação, fôrmas, armação e concretagem

A escavação das valas dos blocos foi executada pelos colaboradores, com o uso de cavadores manuais, pás e carros de mão para a remoção e transporte do resíduo do solo excedente (Figura 40). O fundo das valas foi devidamente preparado, umedecido (Figura 41), para posteriormente ser realizado a compactação com o uso de um compactador mecânico (Figura 42).

Figura 40 - Escavação das valas para bloco de coroamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 41 - Preparação do terreno para os blocos de coroamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 42 - Compactador mecânico



Fonte: Elaborado pelo autor

As fôrmas foram executadas e montadas pelos responsáveis pela carpintaria, somente para os blocos presentes na extensão do túnel e foram devidamente montados. As armações dos blocos foram feitas na central de armação, conforme projeto estrutural (Figura 43) e transportadas para as valas que foram escavadas (Figura 44). Já a concretagem foi realizada com o auxílio do mini caminhão betoneira, agilizando o processo, sendo que, em todos os blocos o concreto foi devidamente vibrado, com o auxílio do vibrador de imersão mecânico (Figura 45) para o devido adensamento, conforme recomendações da NBR 14931 (ABNT, 2004). Na figura 46 encontra-se os blocos de coroamento já concretados.

Figura 43 - Armação do bloco de coroamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 44 - Blocos de coroamento escavados com a ferragem colocada



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 45 - Vibrador de imersão mecânico



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 46 - Blocos de coroamento do túnel concretados



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.10 Preparação do túnel: fundo, paredes e laje

A preparação do túnel iniciou-se com o processo de terraplanagem, através da inserção de material laterítico (cascalho e piçarra) (Figura 47), para a regularização, recomposição e também aumento da resistência da camada do solo para, posteriormente, receber o piso da laje desse local.

Figura 47 - Regularização do fundo do túnel



Fonte: Elaborado pelo autor

Esse material laterítico foi umedecido e compactado em camadas, através de um compactador mecânico, dando energia ao solo e melhorando suas

características (Figura 48). Após esse processo, iniciou-se então a aplicação do concreto magro, que seguiu o mesmo traço utilizado para as demais estruturas, devido as cargas aplicadas no mesmo (Figura 49). As paredes laterais do túnel foram em concreto armado, com armação em malha dupla, tanto externa, quanto interna, utilizando ferro 10,0 mm, a cada 20 cm de distância um do outro (Figura 50).

As fôrmas foram executadas e inseridas no túnel, bem como todo o escoramento da estrutura, deixando o mesmo seguro e preparado para a concretagem, que se deu sem nenhum problema, ocorrendo tudo conforme deveria ser, não havendo discrepância nessa etapa construtiva.

Figura 48 - Compactação do fundo do túnel com compactador mecânico



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 49 - Aplicação do concreto magro no fundo do túnel



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 50 - Armação das paredes do túnel



Fonte: Elaborado pelo autor

É de suma importância que o escoramento das fôrmas seja efetuado da forma certa, com os devidos travamentos, estabilizando a estrutura para que a mesma não venha a sofrer deslocamentos ou quebras ao longo da concretagem, causando danos e gastos excessivos para a obra. O escoramento da estrutura do estudo de caso consta na figura abaixo.

Figura 51 - Fôrmas e escoramento para concretagem das paredes do túnel



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.11 Execução da viga anel: armação, fôrmas e concretagem

Foram realizados serviços de limpeza e regularização do terreno no local em que a viga anel foi executada, para uma melhor situação do ambiente na hora da sua realização. Para esta etapa da obra houve uma mudança na sequência construtiva, na qual, primeiro montou-se a armação que, devido a sua forma cilíndrica, de difícil manuseio, foi feita já no próprio local, não sendo possível ser

montada na central de armação, por questões relativas a seu tamanho e forma, minimizando, assim, maiores problemas na hora de transportar e locar no espaço adequado (Figura 52).

Mesmo sendo um pouco mais trabalhoso, essa etapa obteve êxito e foi bem executada, seguindo o projeto estrutural. Logo após fez-se todo o procedimento da inserção das fôrmas, com o escoramento necessário para que a mesma se mantivesse intacta na hora da concretagem. Finalizando, a viga anel foi concretada, seguindo o mesmo traço já usado, devidamente vibrada e adensada, sendo molhada todos os dias para ajudar na cura do concreto e, conseqüentemente, na obtenção de uma maior resistência final (Figura 53).

Figura 52 - Armação da viga anel



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 53 - Viga anel concretada



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.12 Execução da laje do piso (laje central): compactação, armação e concretagem

Conforme foi visto, a laje do piso trabalha de forma independente da viga anel. A execução desse elemento iniciou-se com a preparação do terreno para o recebimento do concreto magro, na qual, foi devidamente limpo e umedecido, juntamente com a inserção de duas camadas de lona (Figura 54).

Logo após, aplicou-se o concreto magro (Figura 55), seguindo as mesmas linhas construtivas realizadas anteriormente, obedecendo aos padrões recomendados, inclusive na vibração desse concreto, que é de suma importância para o bom desempenho final dessa estrutura (Figura 56).

Figura 54 - Preparação do terreno para receber o concreto magro



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 55 - Aplicação do concreto magro no piso da laje



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 56 - Processo de vibração do concreto



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi utilizada também duas malhas na armação da laje central, devido as grandes pressões que ocorrem dentro do silo, com a carga e descarga dos grãos ali armazenados, dando maior segurança ao sistema estrutural (Figura 57). Toda a armação foi montada no próprio local devido à grande extensão de área a ser contemplada. Nessa etapa, conforme especificado em projeto, foi necessário já deixar as armações dos pilares dos canais de aeração em seus devidos lugares, conforme apresentado na figura 58.

Figura 57 - Armação da laje do piso central



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 58- Armação dos pilares dos canais de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

Cabe destacar que, nesse tipo de obra, é importante estar atento as etapas que posteriormente serão executadas, pois muitas delas estão ligadas entre si, necessitando da realização de certos procedimentos em fases anteriores a ela. Dando continuidade, a laje da base foi então concretada (Figura 59), sendo essa etapa executada em um dia, na qual foi concretada por completo, passando por todas as etapas necessárias, concluindo a fase construtiva da mesma (Figura 60).

O processo de vibração do concreto é de suma importância e é recomendado pela NBR 14931 (ABNT, 2004), em seu item 9.6, na qual esclarece que no decorrer e de imediato ao lançamento do concreto, é necessário que o mesmo seja vibrado de forma constante e ativamente com um equipamento apropriado à sua consistência. Esse processo deve ser executado de forma cuidadosa, a fim de que o concreto

ocupe todos os espaços das fôrmas, tomando o devido cuidado para que não se desenvolvam ninhos ou se tenha um afastamento dos materiais. É indicado que se evite a vibração da armadura, com o intuito de impedir que vazios venham a ser criados ao redor da mesma, prejudicando a aderência do concreto a armação (ABNT, 2004).

Figura 59 - Concretagem da laje da base



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 60 - Laje concretada, com armação de espera das aerações



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.13 Execução dos canais de aeração: fôrmas, armação e concretagem

Como a aeração acontece devido a movimentação forçada do ar ambiente, é utilizado, para isso, um ventilador ou exaustor que conduz o ar, através das canaletas, até a massa dos grãos que estão no silo, fazendo com que o processo se efetue. Esses canais de aerações precisam estar em consonância com o projeto e são de difícil execução e demoram um tempo maior para ficarem prontas. No presente estudo de caso as canaletas de aeração ficaram como a última etapa para o término da base total do silo, obedecendo a uma sequência lógica, tendo em vista que, esses canais necessitam estar em contato direto com os grãos armazenados. Porém, mesmo sendo a última etapa, a armação (Figura 61) e as fôrmas (Figura 62) dessa parte começaram a serem feitas em paralelo com as outras fases da obra,

reiterando a afirmativa de que alguns processos construtivos dependem de fases anteriores e, por isso, há a necessidade de que se atente para esses detalhes, com o propósito de tornar o processo construtivo mais dinâmico e eficiente.

Figura 61 - Armação das canaletas de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 62 - Fôrmas executadas para canais de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

A execução dos canais de aeração do silo graneleiro dividiu-se em duas etapas. A primeira consistiu na preparação dos minis pilares e a segunda das vigas dos canais. Como nas demais etapas da obra, a sequência executada no primeiro e segundo momento foi a mesma, começando pela inserção da armação (Figura 63), posteriormente das fôrmas (Figura 64), prosseguida da concretagem que, no caso dos minis pilares, por serem estruturas relativamente pequenas, se deu de forma manual pelos colaboradores, enchendo uma a uma das caixas dos pilares, bem

como, das vigas que, apesar de grandes em comprimento, possuíam espessura pequena, tendo que serem concretadas, também, manualmente (Figura 65).

Figura 63 - Armação das vigas dos canais de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 64 - Fôrmas dos canais de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

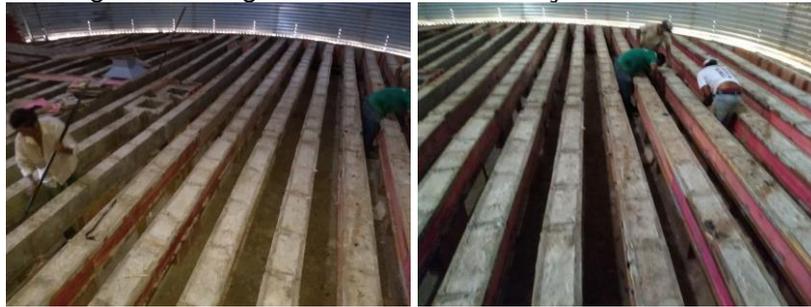
Figura 65 - Concretagem dos canais de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

Na figura 66 encontram-se os canais de aeração devidamente concretados e em fase terminal, somente aguardando o tempo de cura do concreto para serem desenformadas.

Figura 66 - Vigas dos canais de aeração concretadas



Fonte: Elaborado pelo autor

Messias (2015) recomenda que, após a fase das fundações, é preferível que se inicie a parte das aerações, bem como, o desenvolvimento de suas fôrmas pois, conforme a dificuldade do projeto, esta etapa pode demandar um período maior de tempo, material e mão de obra, podendo ser um fator de atraso para a entrega das outras partes da obra, criando possíveis transtornos. Como a montagem da estrutura metálica depende da conclusão de toda a base, evitar atrasos nessa fase é fator determinante para que não atrase também esse processo de montagem, que normalmente, existe uma equipe específica para tal processo, pois requer conhecimento e técnica apurada para executá-la.

O destaque nessa fase da obra se dá devido à importância desses canais de aeração para a conservação das propriedades dos grãos que estarão armazenados nesse silo, como já comentado durante o presente trabalho. Ou seja, a boa execução dessa etapa colabora diretamente com a eficiência na manutenção das qualidades inerentes ao produto armazenado. Não há como afirmar que se conseguiu alcançar o propósito pela qual esses canais são construídos, pois, para isso, seria necessário acompanhar o enchimento do silo e todo o processo relativo ao armazenamento para, então, declarar com veemência a obtenção do total sucesso. No entanto, é possível que o objetivo tenha sido alcançado, pois a execução seguiu à risca as especificações contidas no projeto.

4.1.2 Outras considerações

Em todas as etapas da obra foi utilizado uma lona para revestimento, conforme apresentado na figura 67. Essa lona teve como finalidade a de ajudar na impermeabilização das estruturas, principalmente as que estão em contato com o solo, evitando uma aproximação direta entre os mesmos, ajudando, em especial, na

retenção da umidade, não permitindo que a mesma adentre internamente no silo, prejudicando na qualidade dos grãos que estão armazenados ali. Esse processo construtivo também colaborou para a separação e independência da laje central em relação a viga anel, fazendo com que ambas não se ligassem, estruturalmente falando. Silva, Nogueira e Roberto (2005), passam algumas recomendações quanto ao uso dessa lona, na qual eles advertem que devem ser novas, possuir boa qualidade, em perfeito estado e não possuir buracos ou rasgos. Eles ainda acrescentam que, trabalhando a favor da segurança, deve-se utilizar essa lona em duas camadas, manusear a mesma em local limpo e cuidadosamente, para que não venha a sofrer danos. O destaque é positivo, visto que, atendeu a essas recomendações e contribuirá para o bom funcionamento do silo, atendendo à necessidade pela qual ele foi construído.

Figura 67 - Lona de proteção



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra consideração pertinente está relacionada aos equipamentos de proteção individual (EPI's), necessários para a segurança dos colaboradores e funcionários que participaram da execução da obra. Os mesmos foram comprados e entregues a todos os colaboradores, sendo reforçado aos mesmos a importância do seu uso e percebido que, na maioria dos casos, os profissionais estavam utilizando, contribuindo, assim, para a adequada segurança no local de trabalho. Dentre os EPI's adquiridos estão os capacetes de segurança, luvas, óculos de proteção, abafador de ruídos e mascaras filtradora.

4.1.3 Aplicação do questionário avaliativo referente a qualidade dos métodos construtivos de execução de obras

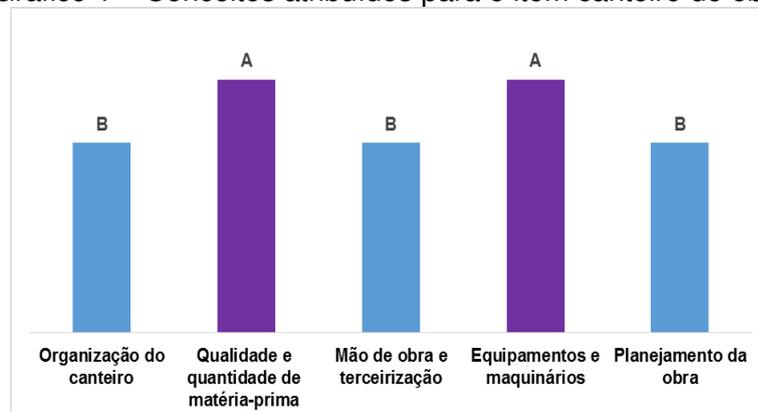
O questionário avaliativo de qualidade dos métodos construtivos de execução de obras, que foi elaborado mediante o acompanhamento da construção do silo graneleiro, exposto neste estudo de caso, foi então aplicado, a fim de realizar um primeiro teste e, principalmente, obter conceitos mediante a análise dos itens que constam na tabela, resultando no melhoramento do alcance dos objetivos deste trabalho no que tende aos processos construtivos e todos os pontos já comentados anteriormente.

Os resultados da aplicação do questionário em questão estão expostos nos itens subsequentes, na forma gráfica, para melhor compreensão em relação ao que foi observado. Cabe destacar que, esses conceitos foram atribuídos após os resultados obtidos e ponderados acima, levando em consideração tudo o que foi exposto. Obteve-se, então, o resultado final referente a qualidade de execução da implantação de unidade de armazenamento de grãos da fazenda, especificamente a de um silo graneleiro, nas quais, encontram-se abaixo. Cabe salientar que os conceitos foram atribuídos pelo autor do presente trabalho.

4.1.3.1 Canteiro de obra

Os conceitos obtidos para o item canteiro de obra, bem como para os seus subitens, estão presentes no gráfico abaixo.

Gráfico 1 – Conceitos atribuídos para o item canteiro de obra



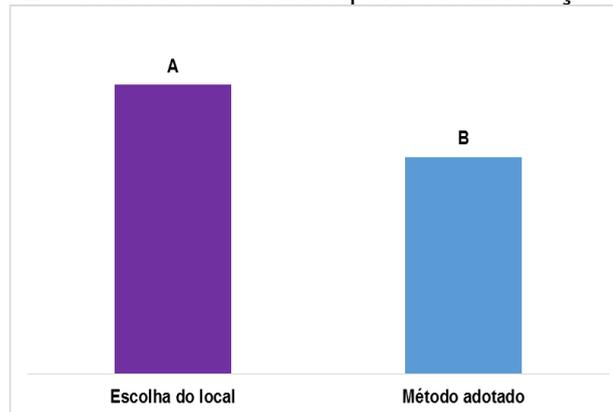
Fonte: Elaborado pelo autor

Percebe-se, através dos resultados expostos acima para esse item, que o canteiro de obra recebeu dois conceitos tidos como excelente e três tidos como bom. Isso denota, positivamente, que dois dos cinco subitens obtiveram nota máxima, evidenciando que a qualidade da matéria-prima foi de boa procedência e a quantidade suficientemente adequada para o bom andamento da obra. A presença de máquinas e equipamentos da própria fazenda e, mediante a ausência, o aluguel deles, foi outra ponderação observada e que merece destaque, pois não houve a falta, dentro da obra, dos mesmos. Tidos como bons na avaliação de execução, a organização do canteiro, mão de obra e terceirização e o planejamento da obra deixaram a desejar em pequenos pontos, tais como, a ausência de um cronograma específico de execução, algumas falhas no armazenamento dos materiais e agregados, o que não prejudicou a obra em grandes proporções, conservando assim a sua qualidade de execução.

4.1.3.2 Locação da obra

Para o quesito locação da obra, obteve-se os seguintes resultados, constantes no gráfico 2.

Gráfico 2 – Conceitos atribuídos para o item locação da obra



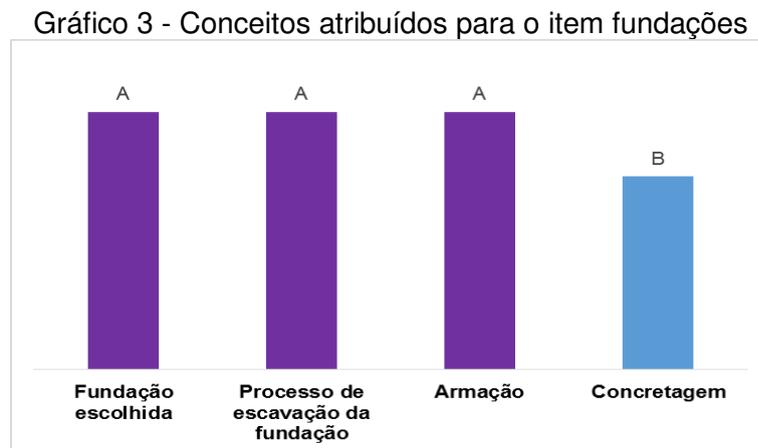
Fonte: Elaborado pelo autor

A escolha do local obteve conceito máximo (excelente) devido a topografia favorável do terreno, que diminui gastos com movimentação de terra, a proximidade do canteiro de obra e da estrutura que já existe no local, que foi um fator facilitador para o andamento da obra. Percebe-se uma boa avaliação para o quesito locação da obra, no que tende ao método adotado, destacando que esse ponto é de suma

importância para que as outras etapas funcionem corretamente e, por isso, os mesmos são inseridos na lista de pontos positivos observados e avaliados dentro do processo construtivo do silo em questão. O método construtivo utilizado se mostrou como eficiente diante dos resultados observados *in loco*, e percebeu-se que, mesmo sendo passível de erros, os quais ocorreram em alguns momentos durante a utilização, o procedimento possui uma metodologia que permite uma fácil correção e adequação, se assim for necessário. A mão de obra se mostrou experiente na locação, houve a presença do engenheiro civil durante esse processo, bem como, o projeto encontrava-se impresso e disponível em mãos, facilitando toda a marcação.

4.1.3.3 Fundações

Na análise do item fundações, observando os subitens do questionário, chegou-se ao seguinte resultado (Gráfico 3):



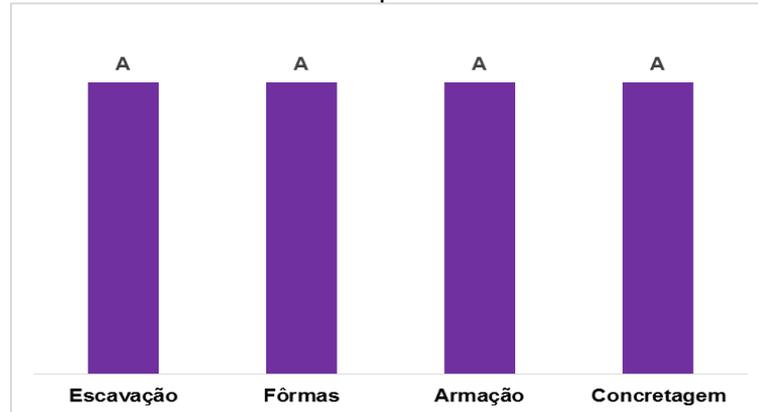
Fonte: Elaborado pelo autor

Dos quatro subitens que foram conceituados no questionário para o item fundações, três deles receberam nota máxima, alcançando níveis satisfatórios na avaliação realizada. Os acertos foram desde a escolha do tipo de fundação e de todo o processo de escavação, até a armação das estacas, que juntos, cumpriram com as recomendações da ABNT NBR 6122 (2010) e foram satisfatórias no que tange a qualidade na realização. A concretagem só não obteve nota máxima devido a ausência de um funil tremonha para o lançamento do concreto, o que, de fato, não compromete a ação estrutural que é requerida, mas fica como ponto a ser melhorado e levado em consideração para as próximas execuções.

4.1.3.4 Blocos de coroamento

Após conceituar os subitens referentes aos blocos de coroamento, no que tange a qualidade da execução dos mesmos, apresenta-se os resultados obtidos, através do gráfico 4. Analisando o processo executivo, cuja discriminação foi realizada nos capítulos anteriores, os blocos de coroamento, por serem uma parte da estrutura mais simples de serem executadas, com menores dimensões e de geometria de fácil manuseio, obteve em todos os quesitos o conceito excelente, denotando que os mesmos foram bem executados, seguindo os projetos e recomendações, não deixando pontos visíveis de falhas que comprometessem a avaliação final sobre o item.

Gráfico 4 - Conceitos atribuídos para o item blocos de coroamento



Fonte: Elaborado pelo autor

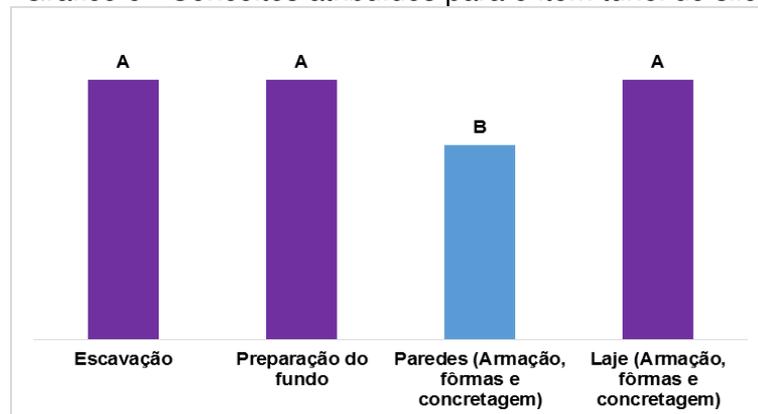
A divisão de funções dentro do canteiro de obra colaborou para que fosse uma etapa rápida e, ao mesmo tempo, de qualidade, visto que, as centrais de fôrmas, armação e concretagem funcionaram alinhadas para que o processo ocorresse da melhor forma possível, interligados com a boa escolha dos métodos construtivos usados, atendendo as necessidades esperadas para essa fase.

4.1.3.5 Túnel do silo

Os resultados das atribuições das notas para o túnel do silo estão presentes no gráfico 5. Ganhando três conceitos excelentes e um bom, o túnel do silo, segundo acompanhamento e análises, diante das questões averiguadas, sendo que, este elemento é de maior dificuldade de execução, se comparado aos blocos de

coroamento, pois demanda maior tempo e cuidado devido, principalmente, a sua maior extensão e, também, o fato de envolver maiores profundidades. Por ter sido executada com o auxílio de maquinário de grande porte, a escavação foi o único processo rápido dentro de todo o sistema de construção do túnel. Entretanto, mesmo sendo necessário um maior tempo dedicado aos outros pontos, esse fator não comprometeu os demais, ficando com uma avaliação positiva quanto a sua qualidade de execução.

Gráfico 5 - Conceitos atribuídos para o item túnel do silo



Fonte: Elaborado pelo autor

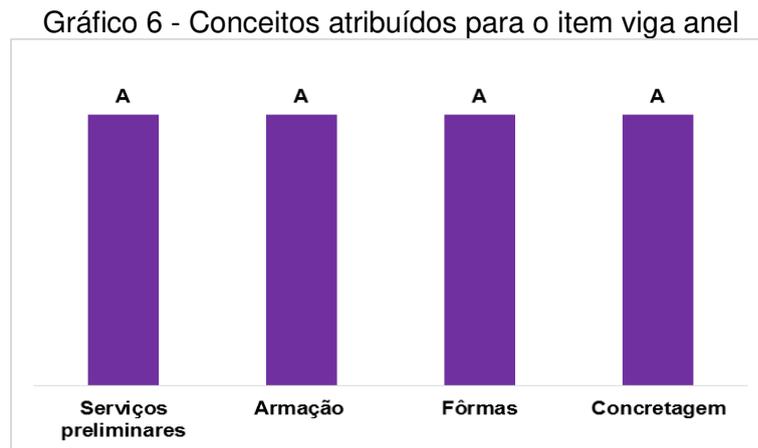
A preparação do fundo do túnel foi um ponto de grande destaque, tendo em vista que, foi devidamente regularizado e compactado, possibilitando uma maior segurança para o piso dessa estrutura. A atenção dada a aplicação das fôrmas e dos seus respectivos travamentos foram pontos que alcançaram um desempenho satisfatório ao serem analisados, tanto nas paredes, quanto na laje do túnel. Por serem relativamente longas, as paredes demoraram maior tempo para serem prontas devido à necessidade de uma quantidade muito grande de fôrmas laterais, que demandaram um gasto elevado de material, o que ocasionou em um conceito B, não tirando o nível de qualidade esperado para essa estrutura.

4.1.3.6 Viga anel

No item viga anel, após observações de todos os subitens, chegou-se aos seguintes conceitos referentes a esta etapa da obra (Gráfico 6).

Adquirindo quatro conceitos excelente, a viga anel foi bem executada, resultando em uma peça estrutural esteticamente bem-acabada e devidamente

desprendida da laje central, alcançando o que já foi comentado anteriormente, que é a sua independência estrutural, o que contribui para maior segurança da obra. A armação, as fôrmas e a concretagem, por serem mais complexas e requererem mais tempo e conhecimento por parte dos colaboradores, foram executadas da maneira correta, dentro do esperado, conforme projetado, aguardando o tempo de cura necessário para o concreto ganhar a resistência esperada.



Fonte: Elaborado pelo autor

Cabe destacar que, para esse tipo de peça, os erros devem ser mínimos, tendo em vista que, como a parte metálica do silo é fabricada sobre medida, não há espaços para grandes discrepâncias, pois, caso aconteçam, comprometerão todas as demais etapas de montagem da estrutura. Na obra em estudo a estrutura metálica foi devidamente montada, não tendo problemas quanto a isso, o que assegura que, de fato, foi bem executada, com a precisão que era necessária.

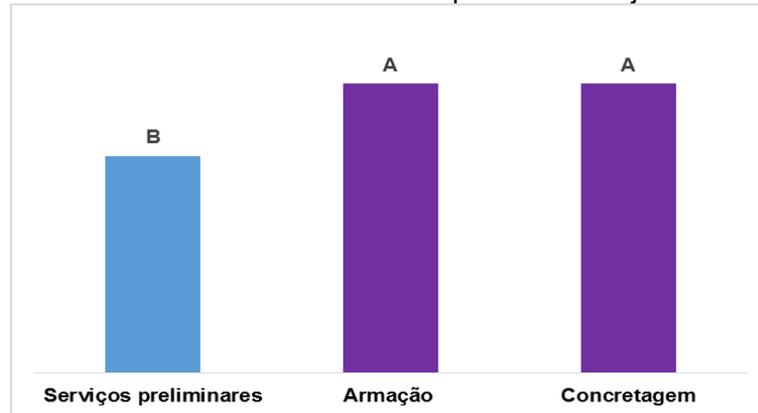
A viga anel possui uma função muito importante dentro do conjunto da obra e, sendo realizada da forma certa, como devidamente aconteceu, contribui satisfatoriamente para a boa conservação dos grãos que serão depositados no silo graneleiro, minimizando problemas e perdas.

4.1.3.7 Laje central

Trabalhando também de forma independente, a laje central exerce um papel estrutural significativo, pois é nela que os produtos armazenados irão ser acomodados. Atribuindo duas notas máximas e uma boa para esse item, observa-se que, de igual modo aos outros itens que já foram avaliados, percebe-se que a

qualidade no serviço se manteve ao longo de toda a execução da estrutura, permitindo com que fosse positiva a avaliação desse quesito. O mesmo foi devidamente armado, pronto para receber grandes esforços e resistir aos mesmos, com todos os processos das normas e devidas recomendações do projeto sendo seguidas. A avaliação da laje central é apresentada no gráfico em sequência (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Conceitos atribuídos para o item laje central

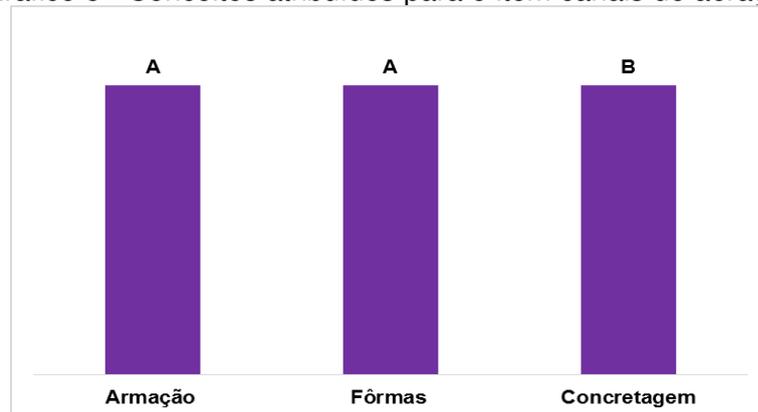


Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.3.8 Canais de aeração

O item canais de aeração recebeu os seguintes conceitos em relação a sua qualidade de execução:

Gráfico 8 - Conceitos atribuídos para o item canais de aeração



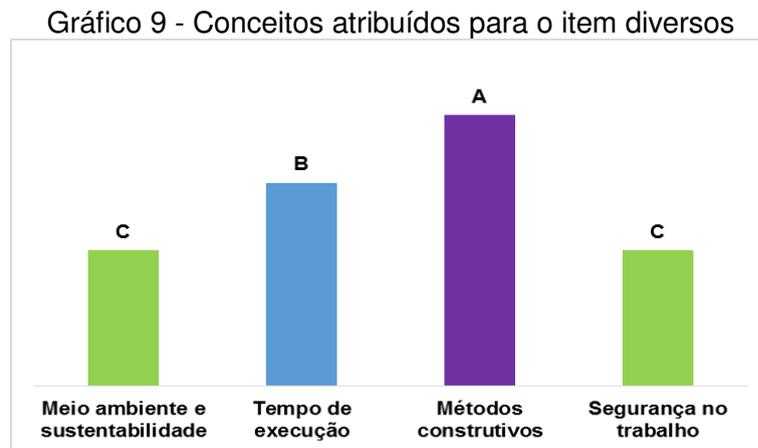
Fonte: Elaborado pelo autor

Os canais de aeração, por serem a etapa que mais possuía riqueza de detalhes, tendo em vista a função que eles exercem dentro do sistema de ventilação do silo, cuja importância já foi explanada em capítulos anteriores, recebeu três notas

A, sendo o item bem avaliado. Os canais de aeração conseguiram uma avaliação de qualidade muito boa, não sendo observados muitos pontos críticos nessa etapa, ficando apenas evidente que, diante da dificuldade nos processos construtivos dessa etapa, a equipe conseguiu concluir a base do silo e deixá-la pronta para a montagem da estrutura metálica.

4.1.3.9 Diversos

O item diversos permitiu a verificação de questões importantes e que, através da aplicação do questionário avaliativo, resultou nos conceitos abaixo apresentados (Gráfico 9).



Fonte: Elaborado pelo autor

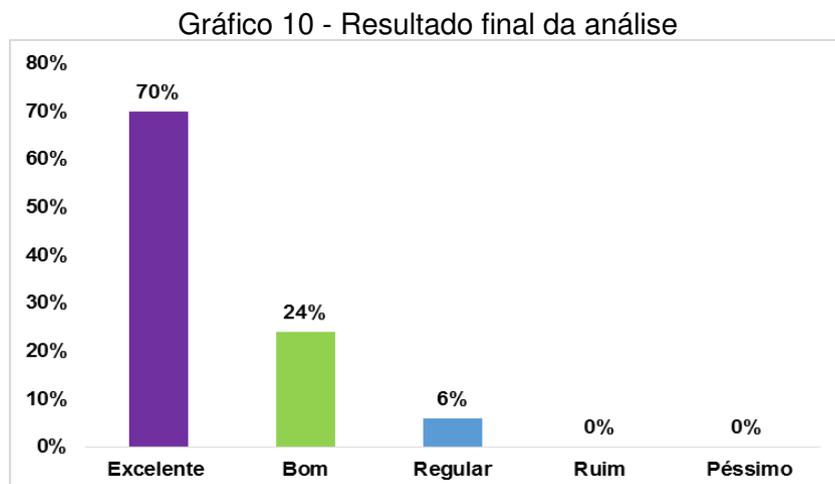
A inclusão desse item veio para contribuir com a avaliação no que tende a pontos importantes para toda e qualquer tipo de obra, que é a preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade, o tempo de execução, a segurança no trabalho e todos os processos construtivos utilizados em todas as fases da obra. Dentre todos os itens analisados, esse foi o único que recebeu conceito médio em dois subitens. Já no conceito bom, o tempo de execução da obra foi satisfatório, visto que é uma estrutura que necessita de grandes cuidados no momento da construção, não sendo cômodo o uso da pressa para concluir, tendo em vista que a má execução desse tipo de obra acarreta em grandes prejuízos, caso venha a acontecer algum tipo de problema. O quesito segurança no trabalho deixou a desejar por parte de alguns dos colaboradores, que não cumpriram à risca o uso dos EPI's, na qual é de suma importância e evita que aconteça acidentes graves e problemas de saúde

dentro do local da obra. O subitem meio ambiente e sustentabilidade vem como uma preocupação que se deve ter em qualquer tipo de obra, visto que, conforme o impacto que uma determinada construção causa para o meio ambiente, os danos podem ser irreversíveis e, atualmente, não há mais como fugir desse assunto, tendo em vista a importância de se construir de forma sustentável e respeitando a natureza. O desperdício de material, de água e a não cautela com o material excedente, principalmente da escavação, foram os pontos que levaram o subitem a ser avaliado dessa maneira.

Por fim, salienta-se que os métodos construtivos, cuja temática se interliga com um dos objetivos do estudo de caso, finaliza com o conceito excelente, recebendo uma ótima avaliação, evidenciando que as técnicas e métodos que foram usadas na obra funcionam, possuem qualidade e passam segurança ao cliente e aos colaboradores que o executam.

4.1.3.10 Análise final

Depois de realizar todas as ponderações a respeito de cada item, bem como, atribuir os conceitos aos mesmos, apresenta-se a seguir o resultado final da análise, na forma quantitativa, através do método de porcentagem, para assim, averiguar, de forma geral, como foi a avaliação da obra em questão quanto a sua qualidade de execução acerca dos métodos construtivos utilizados.



Fonte: Elaborado pelo autor

Diante dos resultados finais acima expostos, observa-se que a obra recebeu uma avaliação final bem positiva, ficando com um percentual de 70% dos itens avaliados dentro do conceito excelente, 24% foram tidos como bom e apenas 6% receberam a avaliação regular. O conceito ruim, bem como o péssimo, ficou sem participação dentro da avaliação. Através desses números ficou evidenciado que houve um desempenho satisfatório em relação a execução da estrutura, bem como, da utilização de métodos construtivos eficazes e de que qualidade nas diferentes etapas realizadas. A unidade de armazenamento de grãos, do tipo silo graneleiro, objeto desse estudo de caso, devidamente montada e concluída encontra-se exposta na figura abaixo.

Figura 68 - Silo pulmão do estudo de caso finalizado



Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Diante da análise da implantação da unidade de armazenamento de grãos da unidade de produção agrícola “fazenda Chapadão da Serra”, utilizada no estudo de caso e, através do acompanhamento de todas as etapas da obra de infraestrutura (fundação e base), foram documentadas as técnicas construtivas utilizadas, destacando os principais pontos positivos observados, ponderando também as dificuldades encontradas, alcançado, assim, o objetivo proposto para o presente trabalho.

Durante o acompanhamento da obra e de posse dos dados coletados, foi possível averiguar quais as fases que podem ser aperfeiçoadas e corrigidas e, através das visitas ao local, bem como, pelo relatório fotográfico realizado na obra, ficou evidenciado que a execução da base de um silo é um processo relativamente cauteloso e, por vezes complicado, na qual, percebe-se que as etapas precisam ser bem planejadas, pois qualquer atraso denota prejuízo e impossibilidade de execução das etapas seguintes. A princípio, para esse tipo de estrutura, é pensado que há uma série de procedimentos lógicos e unilaterais, sem aberturas para mudanças. Todavia, observou-se que é uma estrutura que permite o dinamismo em sua execução, podendo acontecer, por exemplo, de diversas etapas estarem sendo realizadas no mesmo período, respeitando a sequência de execução definida pela equipe técnica, mas sem deixar de ter espaços para possíveis modificações, se assim for necessário.

Compreendeu-se quais são os aspectos básicos de funcionamento e principais características estruturais dos silos metálicos com fundações do tipo estacas, de concreto armado, escavadas mecanicamente, ligadas por um bloco de coroamento e verificou-se a importância de que as mesmas sejam realizadas da forma adequada. Aspectos como o cuidado em se evitar falhas nas estruturas de armazenagem é fundamental para que os processos sejam seguidos com o maior cuidado possível afim de que, durante e após a conclusão da obra, não venha a ocorrer problemas de cunho estrutural nos silos pois, essas falhas, podem levar a uma reação em cadeia, podendo gerar um colapso de toda ou de parte da estrutura, causando prejuízos gigantescos para os produtores.

Etapas como o canteiro de obras deixaram a desejar em alguns pontos, tais como, a armazenagem dos materiais e dos agregados, o que não veio a prejudicar a

construção e seu andamento. Um ponto forte foi a presença de uma gama de equipamentos e maquinários pertencentes a fazenda, o que facilitou no desempenho das atividades, demonstrando que, para uma obra desse porte, é crucial que se tenha um planejamento quanto a utilização desses objetos. Percebeu-se que, dentre as fases da obra executada, o processo de escavação das estacas escavadas seguiu as recomendações de execução presentes na NBR 6122 (ABNT, 2010), com algumas considerações ponderadas, para o melhor andamento do projeto, não havendo grandes problemas observados. As equipes de armação, carpintaria e concreto realizaram suas atividades com competência, sem ocorrências de complicações, de forma ágil e cuidadosa, sempre seguindo os projetos e, em meio a dúvidas, consultando o engenheiro responsável.

Diante da análise de todos os itens e mediante aos conceitos atribuídos no questionário avaliativo, obteve-se, de forma qualitativa e, como análise pessoal do avaliador, que a obra, no geral, conseguiu uma excelente avaliação referente a qualidade dos métodos construtivos de execução do silo graneleiro da unidade de armazenamento de grãos, vindo a ser, posteriormente, quantificada, ficando com 70% dos itens dentro do maior conceito que se tinha. Entre todos os pontos presentes no questionário, a execução dos blocos de coroamento, da viga anel e dos canais de aeração foram os que conseguiram a melhor avaliação, ficando todos os subitens com o conceito A. Já a classe B recebeu 26% dos itens e a C ficou com 6%. Conclui-se, com isso, que a aplicação do questionário veio como uma ferramenta a mais na obtenção dos níveis de qualidade referentes a esse tipo de obra, na qual, percebeu-se que o mesmo é de fácil aplicação e dinâmico, a ponto de poder ser adequado conforme a realidade que se tem, alcançando êxito naquilo pela qual foi proposto.

Conclui-se também que, mediante os resultados apresentados, foi obtido sucesso na edificação da estrutura estudada que, se devidamente cuidada e manuseada, cumprirá com a finalidade para a qual foi construída, constituindo-se de uma unidade armazenadora que contribuirá para o correto armazenamento dos grãos, mantendo as qualidades necessárias por um período de tempo determinado, de forma aceitável, preservando-os de intempéries e demais agentes, conservando a umidade e temperatura dos grãos, em escalas permitidas, podendo ser, futuramente, ampliada, pois foi projetada e pensada para tal.

Apesar do objetivo do presente trabalho não ter sido o de verificar o cálculo estrutural ou averiguar se o mesmo foi dimensionado da forma correta, levando em consideração todos os fatores necessários à segurança exigidos pela norma, cabe destacar que, dentre um dos elementos mais importantes para que o dimensionamento dessas estruturas seja feito da forma correta é a análise do solo em que será construído o silo. Cabe enfatizar também que o estudo de caso, bem como, a aplicação do questionário não levou em consideração pontos como a execução de ensaios de sondagem do solo ou de controle de qualidade, tais como, verificação da resistência pelo rompimento de corpos de provas, capacidade de carga, *slump test* e outros, devido à pontos de cunho particulares e relativos ao profissional responsável pela execução da obra e o cliente que, por motivos de ética, não são expostos nesse trabalho. Mas recomenda-se que esses ensaios sejam realizados para a garantia de uma melhor avaliação a respeito das obras, bem como, da segurança que se tem sobre aspectos estruturais que são de suma importância e são obtidos através da realização desses procedimentos.

Recomenda-se, para futuros trabalhos, que seja aperfeiçoado o questionário avaliativo de qualidade dos métodos construtivos de execução de obras, incluindo novos itens para serem avaliados, tais como, a elaboração dos projetos (arquitetônico, estrutural e fundações), as etapas de montagem da parte metálica do silo, bem como, levar em consideração, também, os ensaios de controle de qualidade, englobando, assim, todas as fases pertencentes a esse tipo de estrutura. Fica também como sugestão que seja realizado um estudo de caso envolvendo não somente a implantação da infraestrutura (fundações e base), como também, da superestrutura, evidenciando todas as etapas de montagem da estrutura metálica, até chegar no produto final, que é a unidade de armazenamento devidamente pronta.

Em síntese, o presente trabalho conseguiu alcançar os objetivos que lhe foram propostos, dentro daquilo que era esperado na qual, percebeu-se que, a implantação da unidade de armazenamento de grãos, principalmente, as fundações do silo graneleiro, obtiveram sucesso e, os resultados aqui publicados, reforçam a real necessidade de que o engenheiro civil esteja pronto e qualificado para atender as demandas desse setor, visto que, as expectativas para o agronegócio tendem ao crescimento e, com isso, novas possibilidades chegam para a área da construção civil.

REFERÊNCIAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de fundações**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ANDRADE JUNIOR, Luciano Jorge de; CALIL JUNIOR, Carlito. A ação do vento em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 9, n.41, p. 129-155, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Boletim técnico: Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7 ed. São Paulo, 2002. 28 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

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

AZEVEDO, Loianne Faria et al. **A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil**, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_069_492_11589.pdf>. Acesso em: 22 out. 2017.

BARONI, Gabriel Debarba; BENEDETI, Pedro Henrique; SEIDEL, Denílson José. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 4, p. 55-64. 2017.

BEZERRA, Pedro Henrique Silva. **Efeito do armazenamento na qualidade dos grãos e do óleo de crambe, para produção de biodiesel**. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade do Estado de São Paulo, 2014.

BIANCHIN, Denis. **Fundações para bases de silos Metálicos de fundo plano**. 2013. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

CAIXETA FILHO, José Vicente. A Logística do escoamento da safra brasileira. **Visão Agrícola**, São Paulo, v. 3, n. 5, jul. 2016.

CALIL JUNIOR, Carlito; CHEUNG, Andrés B. **Silos**: pressões, fluxo, recomendações para o projeto e exemplos de cálculo. São Carlos: EESC, 2007.

CASTRO, Lucas Fonseca. **O papel da soja no desenvolvimento do agronegócio**: análise do município de Balsas – MA. 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CERAÇÁ. **Silos**. 2013. Formato JPEG. 1 fotografia, color. Disponível em: <http://www.ceraca.com.br/solucoes_construcao/silos.php>. Acesso em: 09 nov. 2018.

CHEUNG, André Batista; CALIL JUNIOR, Carlito; BERTOCINI, Sandra Regina. **Investigação estrutural de silos metálicos e de concreto no Brasil**. São Carlos: EESC, 2015.

COMIL SILOS E SECADORES LTDA. **Planta baixa do silo pulmão**. 20 dez. 2017. Projeto final. Desenhista: Raldes F. N. da obra: 03405.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Custos de produção agrícola**: a metodologia da Conab. Brasília: Conab, 2010. 60 p.

_____. **A Conab**. 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/institucional>>. Acesso em: 31 out. 2018.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: outubro 2018 – safra 2018/2019. Brasília: Conab, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 30 out. 2018.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA. **Relatório de inteligência**: capacidade de armazenamento e escoamento da produção agrícola. Brasília: 2012.

CUNHA, Francisco de Assis Alves da. **Projeto estrutural do silo pulmão**: vista 3D. jul. 2018.

D'ARCE, Marisa. A. B. Regitano. **Pós colheita e armazenamento de grãos**. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição: ESALQ/USP, 2012.

DALDEGAN, Eduardo. In: ENGENHARIA CONCRETA (Org.). **Estacas escavadas: processo executivo e principais vantagens**. 2016. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/estacas-escavadas-processo-executivo-e-principais-vantagens/>>. Acesso em: 30 out. 2018.

_____. In: _____. **Tubulão a céu aberto: Processo executivo e dicas práticas**. 2017. Formato JPEG. 1 Fotografia, color. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/Tubulao-A-Ceu-Aberto-Processo-Executivo/>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

DEMBOGURSKI, Matias. **Projeto conceitual de um sistema para descarga de silos de expedição**. 2012. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012.

DESSBESELL, Ricardo. **Viabilidade da implantação de uma unidade de armazenamento de grãos**. 2014. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Soja em números: safra 2017/2018**. Londrina: 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 31 out. 2018.

FANK, Marivone Z. **Determinação do coeficiente de transferência de cargas nas fundações de silos verticais cilíndricos de base semi-v**. 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2010.

_____. Coeficiente de transferência de carga nas fundações de silos verticais cilíndricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.9, p. 887–891, ago. 2015.

FARONI, Lêda Rita D'Antonino; SILVA, Juarez de Sousa e. **Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados**. In: SILVA, Juarez de Sousa e (Org.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, 2008.

FERNANDES, Queli Silvério; ROSALEM, Vagner. O cenário da armazenagem no Brasil. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol. 7, N. 12, p. 1, 2014.

FERNANDES, Queli Silvério Fernandes. **Análise da capacidade estática de armazenagem de grãos no Brasil no período de 1980 a 2015**. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Organizacional) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2016.

FREDERICO, Samuel. **O novo tempo do cerrado: expansão dos fronts agrícolas e controle do sistema de armazenamento de grãos**. 2009. 285 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FREITAS, Edna das Graças Assunção; CALIL JÚNIOR, Carlito. Estudo teórico e experimental das pressões em silos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 7, n. 24, p. 1-34, 2005.

FREITAS, Márcio de Campos Martins de. A cultura da soja no Brasil: O crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol. 7, n. 12, p. 1, 2011. Disponível em:
<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/a%20cultura%20da%20soja.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2018.

GEROLLA, Giovanny. **Estoque de materiais**. Equipe de obras: 2011. Disponível em:
<https://www.google.com.br/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwikr_j14dLeAhUCGZAKHXV7BPUQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fpedeobra17.pini.com.br%2Fconstrucao-reforma%2F37%2Festoque-de-materiais-220679-1.aspx&psig=AOvVaw3z3G6VJkN_RRzyJw1fOGI2&ust=1542246414508002>. Acesso em: 14 nov. 2018.

GOMES, Francisco Carlos; CALIL, Carlito. **Estudo teórico e experimental das ações em silos horizontais**. 2000. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - São Carlos, 2000. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

GOTTARDO, A. F.; CESTARI JÚNIOR, H. Viabilidade econômico-financeira de implantação de um sistema de armazenagem de grãos: um estudo de caso em uma média propriedade rural em Campo Mourão – PR. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 1, n. 1, p. 55-76, jan./abr. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 31 out. 2018.

KEHL, Guilherme Arthur. **Projeto de silo cilíndrico de concreto armado para armazenamento de arroz**. 2015. 87 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

KLEPER WEBER. **Catálogo geral de produtos: Armazenagem de Grãos**. 2016. Disponível em: <http://www.kepler.com.br/armazenagem/trading/transportadores_de_correia_ct/arm_produtos_834_1406060410.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

LACOVIC, Anderson da Costa. **Estudo do processo de montagem de um silo metálico de fundo plano**. 2014. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

LEITE, Luís Miguel de Oliveira. **Silos metálicos**. 2008. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

LIMA, Fernanda L. Silva de; LOCATEL, Celso D.; SILVA, Cleanto Carlos. L. da. Modernização seletiva da agricultura: o avanço do agronegócio da soja no sul do Maranhão. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

MARANGON, Marcio. **Geotecnia de Fundações: fundações profundas**. Juiz de Fora: 2009. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/GF05-Funda%C3%A7%C3%B5es-Profundas-Escolha-Estaca-Consid-Norma.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

MARIN, José. **Unidades de recebimento, secagem e armazenamento de produtos agrícolas: Aspectos estruturais e conteúdos armazenados**. 2015. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/x_files/Documentos/C%C3%A2mara_Setorial_Logistica/MA_PA_Armaz%C3%A9ns_Coamo.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2018.

MESSIAS, Pedro Paulo R. **Aspectos do projeto estrutural de um silo graneleiro**. 2015. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Unidade Universitária

de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2015.

NASCIMENTO, Vânia Rosal Guimarães. **Desempenho de diferentes estratégias de aeração de milho armazenado**. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

PEREIRA, Caio. Tipos de cimento: Características e especificações. **Escola Engenharia**, 2013. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-cimento/>. Acesso em: 13 nov. 2018.

REIS, Marco Antônio Silva. **Dimensionamento de silos em concreto armado para armazenagem de grãos**. 2016. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

ROCHA, Maykson Teixeira; FARIA, Guilherme Arnold Isaias. **Modelagem analítica e numérica de fundações para silos metálicos graneleiros**. 2018. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SAMPAIO, Matheus Praciano. **Análise de projeto de reforço de fundação em radier estaqueado para silos graneleiros**. 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/20557> >. Acesso em: 30 ago. 2018.

SANTOS, Gustavo Czerpicki dos. **Estudo das patologias na base de concreto de silos metálicos de fundo plano causadas por falhas no processo de impermeabilização e manutenção**. 2017. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8326>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

SCALABRIN, Luciano Argenta. **Dimensionamento de silos metálicos para armazenagem de grãos**. 2008. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

SÉRVULO, Ana Cláudia Oliveira. **Dimensionamento da fundação de um silo vertical metálico de fundo plano para o armazenamento de milho a granel**. 2012. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

SILVA NETO, Irineu Teódulo da. **Estado da arte de silos verticais de madeira**. 2013. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Edificações e Ambiental) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

SILVA, Juarez de Souza e. et al. Estruturas para armazenagem de grãos. In: SILVA, J. de S. e (Org.). **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. 1. Ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. cap. 14, p. 325-344.

SILVA, Juarez de Souza e; NOGUEIRA, Roberta Martins; ROBERTO, Consuelo Domenici. **Tecnologia de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa: 2005.

SOARES, M. F. M; FERREIRA, V. W. **Grande Dicionário Enciclopédico: Volume XII**. Portugal: Clube Internacional do Livro, 2000.

STRACKE, Tiago. **Silo bolsa como alternativa no armazenamento de grãos: estudos de casos no Rio Grande do Sul**. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural) - Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, 2015.

TEIXEIRA, Luiz Gustavo dos Reis. **Determinação das propriedades físicas e de fluxo do café para projeto estrutural de silos e equipamentos**. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras. 2016.

THOMÉ, Brenda Bressan. In: SIENGE. **Canteiro de obras: 10 dicas para fazer uma gestão integrada e eficiente**. 2017. Disponível em: <<https://1p1clt2qmwh93rftuk3tb3qs-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/WP-177178-Softplan-10-dicas-para-aumentar-a-efici%C3%A2ncia-no-canteiro-de-obras-V1-1.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2018.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VIVA, Rafael Ferreira. **Navios em Santos**. 2011. Formato JPEG. 1 fotografia, color. Disponível em: <http://shipssantos.blogspot.com/2011/06/terminais-portuarios-brasileiros_15.html>. Acesso em: 09 nov. 2018.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO REFERENTE A QUALIDADE DOS
MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE EXECUÇÃO DE OBRAS**

**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO REFERENTE A QUALIDADE DOS MÉTODOS
CONSTRUTIVOS DE EXECUÇÃO DE OBRAS**

Tipo: Implantação de Unidades de Armazenamento de Grãos

Obra: Execução das fundações e elementos da base de silo graneleiro

CONCEITO	SIGNIFICADO
A	<i>Excelente</i>
B	<i>Bom</i>
C	<i>Médio</i>
D	<i>Ruim</i>
E	<i>Péssimo</i>

OBS: O questionário possui um teor qualitativo e deve ser respondido levando em consideração as normas da ABNT referentes a cada assunto, os métodos construtivos utilizados, as adequações realizadas, pontos positivos e negativos de cada item, mão de obra empregada e a influência no resultado final da obra, bem como, os itens elencados como sugestão na coluna "quesitos".

ITENS AVALIADOS	CONCEITO	QUESITOS
1. Canteiro de obra		
1.1 Organização do canteiro		<ul style="list-style-type: none"> • Local de armazenamento dos materiais e agregados; • Arranjo do canteiro: facilidade de movimentação de pessoas e maquinários, proximidade, segurança e boa utilização do espaço físico disponível.
1.2 Qualidade e quantidade de matéria-prima		<ul style="list-style-type: none"> • Compra de material suficiente para não paralisar a obra; • Pontualidade e antecedência na compra dos materiais que precisarem ao longo da obra; • Qualidade dos materiais.
1.3 Mão de obra e terceirização		<ul style="list-style-type: none"> • Presença de engenheiro civil no corpo técnico da obra; • Colaboradores e funcionários em quantidade suficiente e que, em sua maioria, tenham experiência na atividade que irá exercer; • Mão de obra terceirizada de qualidade, desde que seja necessário.
1.4 Equipamentos e maquinários		<ul style="list-style-type: none"> • Presença de todo o aparato de equipamentos e máquinas suficientes para o bom desenvolvimento da construção; • Aluguel de equipamentos e máquinas, quando não houver e se necessário for.

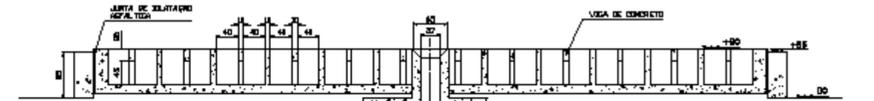
1.5 Planejamento da obra		<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento das etapas da construção a serem seguidas; • Presença dos projetos impressos no canteiro de obra; • Acompanhamento da obra por um profissional qualificado, cuja presença se dá de forma constante.
2. Locação da obra		
2.1 Escolha do local		<ul style="list-style-type: none"> • Características topográficas; • Proximidade de outras construções existentes, se assim for o caso; • Impacto nas construções vizinhas; • Local de fácil acesso.
2.2 Método adotado		<ul style="list-style-type: none"> • Características do método escolhido; • Facilidade de usar o método; • Mão de obra qualificada para usar o método escolhido; • Acompanhamento do engenheiro civil na hora da locação; Possibilidade de adequações e mudanças, se assim for o caso.
3. Fundações		
3.1 Fundação escolhida		<ul style="list-style-type: none"> • Fundação coerente com o tipo de solo e solicitações impostas, bem como, a viabilidade de execução; • Método construtivo utilizado; • Fator custo e economia.
3.2 Processo de escavação da fundação		<ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra qualificada e conhecedora do processo de escavação; • Presença de todos os equipamentos necessários; • Tempo de execução.
3.3 Armação		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo de execução; • Confecção conforme projeto estrutural.
3.4 Concretagem		<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de equipamentos necessário; • Mão-de-obra para fabricação do concreto; • Traço do concreto; • Transporte do concreto; • Lançamento e adensamento do concreto; • Tempo de execução e de cura do concreto.
4. Blocos de coroamento <i>(quando houver)</i>		

4.1 Escavação		<ul style="list-style-type: none"> • Mão-de-obra qualificada; • Equipamentos suficientes; • Retirada de material excedente; • Tempo e qualidade na execução.
4.2 Fôrmas		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Reaproveitamento, se conveniente.
4.3 Armação		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Confecção conforme projeto estrutural.
4.4 Concretagem		<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de equipamentos necessário; • Mão-de-obra para fabricação do concreto; • Traço do concreto; • Transporte do concreto; • Lançamento e adensamento do concreto; • Tempo de execução e de cura do concreto.
5. Túnel do silo		
5.1 Escavação		<ul style="list-style-type: none"> • Mão-de-obra qualificada; • Equipamentos suficientes; • Retirada de material excedente; • Tempo de execução.
5.2 Preparação do fundo		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima disponível; • Regularização do fundo, umedecimento, compactação e nivelamento; • Concreto magro; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo de execução.
5.3 Paredes (Armação, fôrmas e concretagem)		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Reaproveitamento, se conveniente.
5.4 Laje (Armação, fôrmas e concretagem)		<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de equipamentos necessário; • Traço do concreto; • Transporte, lançamento e adensamento do concreto; • Confecção conforme projeto estrutural.
6. Viga anel		

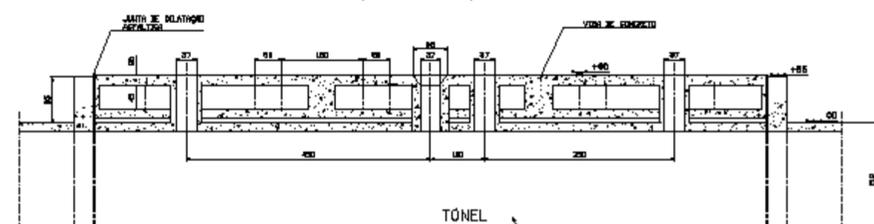
6.1 Serviços preliminares		<ul style="list-style-type: none"> • Mão-de-obra suficiente; • Preparação e limpeza do terreno; • Aplicação do concreto magro.
6.2 Armação		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Confecção conforme projeto estrutural.
6.3 Fôrmas		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Reaproveitamento, se conveniente.
6.4 Concretagem		<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de equipamentos necessário; • Mão-de-obra para fabricação do concreto; • Traço do concreto; • Transporte do concreto; • Lançamento e adensamento do concreto; • Tempo de execução e de cura do concreto.
7. Laje central		
6.1 Serviços preliminares		<ul style="list-style-type: none"> • Mão-de-obra suficiente; • Preparação e limpeza do terreno; • Aplicação do concreto magro.
6.2 Armação		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Confecção conforme projeto estrutural.
6.3 Concretagem		<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de equipamentos necessário; • Mão-de-obra para fabricação do concreto; • Traço do concreto; • Transporte do concreto; • Lançamento e adensamento do concreto; • Tempo de execução e de cura do concreto.
8. Canais de aeração		
8.1 Armação		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Confecção conforme projeto estrutural.

8.2 Fôrmas		<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima suficiente; • Mão-de-obra qualificada; • Tempo e qualidade na execução; • Reaproveitamento, se conveniente.
8.3 Concretagem		<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de equipamentos necessário; • Mão-de-obra para fabricação do concreto; • Traço do concreto; • Transporte do concreto; • Lançamento e adensamento do concreto; • Tempo de execução e de cura do concreto.
9. Diversos		
9.1 Meio ambiente e sustentabilidade		<ul style="list-style-type: none"> • Impacto para o meio ambiente; • Obediência à legislação ambiental vigente; • Desperdício de materiais; • Reaproveitamento e reciclagem de materiais.
9.2 Tempo de execução		<ul style="list-style-type: none"> • Cumprimento de prazos estabelecidos; • Tempo e execução de qualidade.
9.3 Métodos construtivos		<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de métodos eficientes; • Agilidade e qualidade na execução; • Segurança e confiabilidade; • Dinamismo e alternativas coerentes.
9.4 Segurança no trabalho		<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento de EPI's; • Quantidade de equipamentos suficientes; • Qualidade dos equipamentos; • Uso adequado dos EPI's por todos os presentes na obra; • Identificação de acidentes.
<p><i>Após as atribuições dos conceitos para cada item, o responsável pelo preenchimento do questionário deve analisar os pontos fortes e fracos da avaliação para, assim, chegar as conclusões finais a respeito da qualidade dos métodos construtivos de execução da obra.</i></p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">(NOME) Responsável pelo questionário</p>		

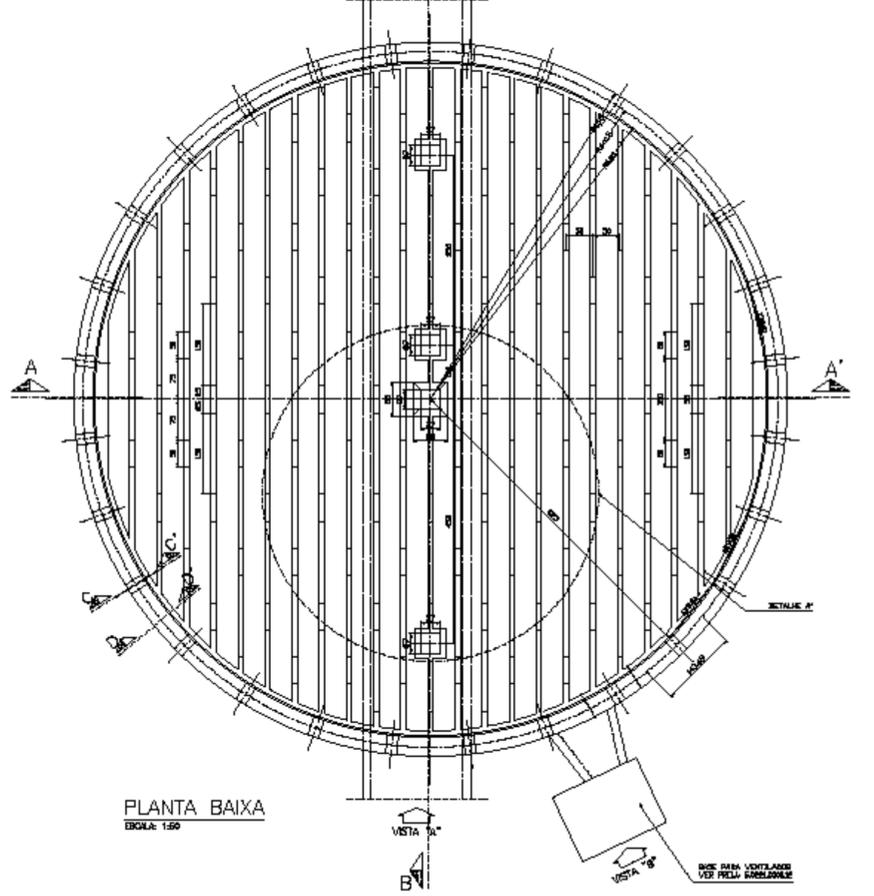
**ANEXO B – PROJETO ARQUITETÔNICO DA UNIDADE DE ARMAZENAMENTO
DE GRÃOS**



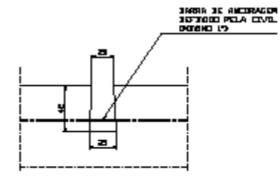
COORTE A-A'
ESCALA 1:50



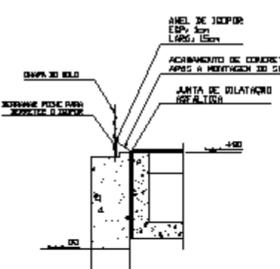
COORTE B-B'
ESCALA 1:50



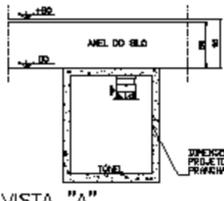
PLANTA BAIXA
ESCALA 1:50



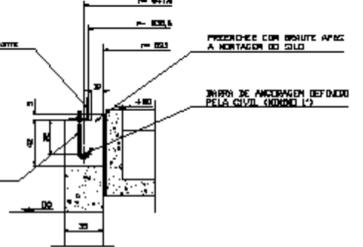
DETALHE DO NICHU
ESCALA 1:25



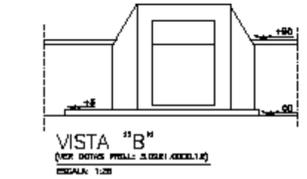
COORTE DD'
ESCALA 1:25



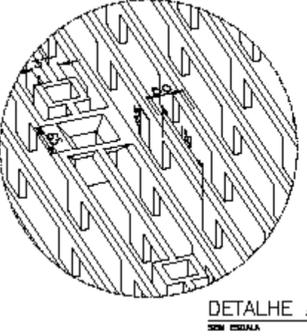
VISTA A
ESCALA 1:50



COORTE CC'
ESCALA 1:25



VISTA B
(VER DETALHE PRÉVIO 5.000/4.000/1.0)



DETALHE A'
SEM ESCALA

Revizão	Data	Alteração	Responsável
F	04/07/2018	DEFINIÇÃO CHAMADA PARA SILO COM 02 ANDAR	EMELLY
E	08/04/2017	ATUALIZAO CHAMADA DO SILO 2017 DE ACORDO COM A VORAO (120/140)	EMELLY
D	08/04/2017	ATUALIZAO DAS NOTAS	EMELLY
C	28/07/2016	ATUALIZAO SILO E TORAO DE APOIO	JULIANA
B	22/07/2016	REPROJETO DE TUNEL E TORAO DE APOIO E TORAO DE APOIO	JULIANA
A	18/07/2014	ALTERAO TUNEL PARA PASSANTE	JULIANA

AREJO DA PLACA METALICA DO MONTE SOBRE O ANEL DE CONCRETO

- PRESSIONES DO CONCRETO DEVE SER SUPERIOR A 28 MPa, NO DIMITO DESE DE VERIFICAR CLASSEMENTO AS TUBOES CERRADO NA INTERFECE PLACA METALICA/CONCRETO. TERMO EM VIDA QUE TODA CHAMA FICAR MONTADA E TRANSMISSA AO CONCRETO PELA PLACA METALICA.
- A CHAMA NA ANEL E TRANSMISSA ATRAVES DE 02 MONTANTES.
- AO CERRADO NAO INCLUIR COMPONENTES DE DESLIZAMENTO.

MONTANTE

1. A DOME NAO SE RESPONSABILIZA POR PROBLEMAS QUE VERIFIAR A COBERTURA DEVEDO A REDEQUE NA BARRA, DETERMINADO POR ERRO NO CALCULO ESTRUTURAL DA IN ALUADO DO SILO.
2. A SUPERFICIE DO ANEL DEVE ESTAR PERFEITAMENTE LISA E SEM ACABAMENTO IMPERFEITO. (INDICAR INDICAO A D.10).
3. O ANEL DA BASE DEVE SER EXECUTADO PERFEITAMENTE CIRCULAR E CONCENTRICO.
4. ANEL A MONTAGEM DO SILO, E DE RESPONSABILIDADE DA CONTRATADA CIVIL. EXECUTAR AS MEDIDAS E PRECISAMENTE INDICADAS NOS DESENHOS DE PROJETO.
5. AS CHAMAS NAO INCLUIR COMPONENTES DE DESLIZAMENTO E NEM CERRADO EXTERNO APOIADO NO SILO (TRANSPORTE, TUBAGAO, ESCADA, ETC.).
6. A BASE DE UM SILO E CIRCULAR, FORMADA POR UM ANEL EXTERNO E UM LACE CENTRAL INTERIORE.
7. A LACE CENTRAL SUPORTA A PRESSAO VERTICAL DOS GRUAS E E INDEPENDENTE DO ANEL EXTERNO.
8. O ANEL EXTERNO SUPORTA OS MOMENTOS, QUE TRANSMITIDA PARA OS SILOS DE PRODUTO AFECADOS (VERTICAL) E AO VENTO (VERTICAL E HORIZONTAL).
9. A DISTANCIA TOTAL DO ANEL E DISTANCIA TRANSMISSA EM CADA PONTO DE MONTANTE AO ANEL EXTERNO.
10. NAO ESTAO INCLUIR PRESSÃO DO SILO, PRESSAO DE COLUNAS, ACESSOES, PASSARELAS.
11. PARA CALCULO DA BASE VERIFICAR PRESSÃO DO PRODUTO, 0,80 t/m², PARA ARECA, 0,80 t/m² PARA BOIA E MUDO E 0,80 t/m² PARA TUNEL.
12. A VERIFICAO DAS DIMES E DETERMINAO DOS PRODUTO DEVE SER AFECADAS, PARA A DETERMINDO DO ENGENHEIRO RESPONSVEL PELA CALCULO ESTRUTURAL DA BASE DO SILO COM A APROVAO DO CLIENTE.
13. ATES DE INICIAR O MONTAMENTO DA BASE CIVIL, FICAR VERIFICAR A VORAO DO SILO (120/140).
14. PARA O CALCULO ESTRUTURAL DEVEM SER PREVISAO FUTURAS AUMENTO DE ACCESO COM A VORAO DO SILO.

MEMBRAS	PESO ESPECIFICO (kg/m ² (ANEL))															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
ANEL DO SILO	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
ANEL DO SILO	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54

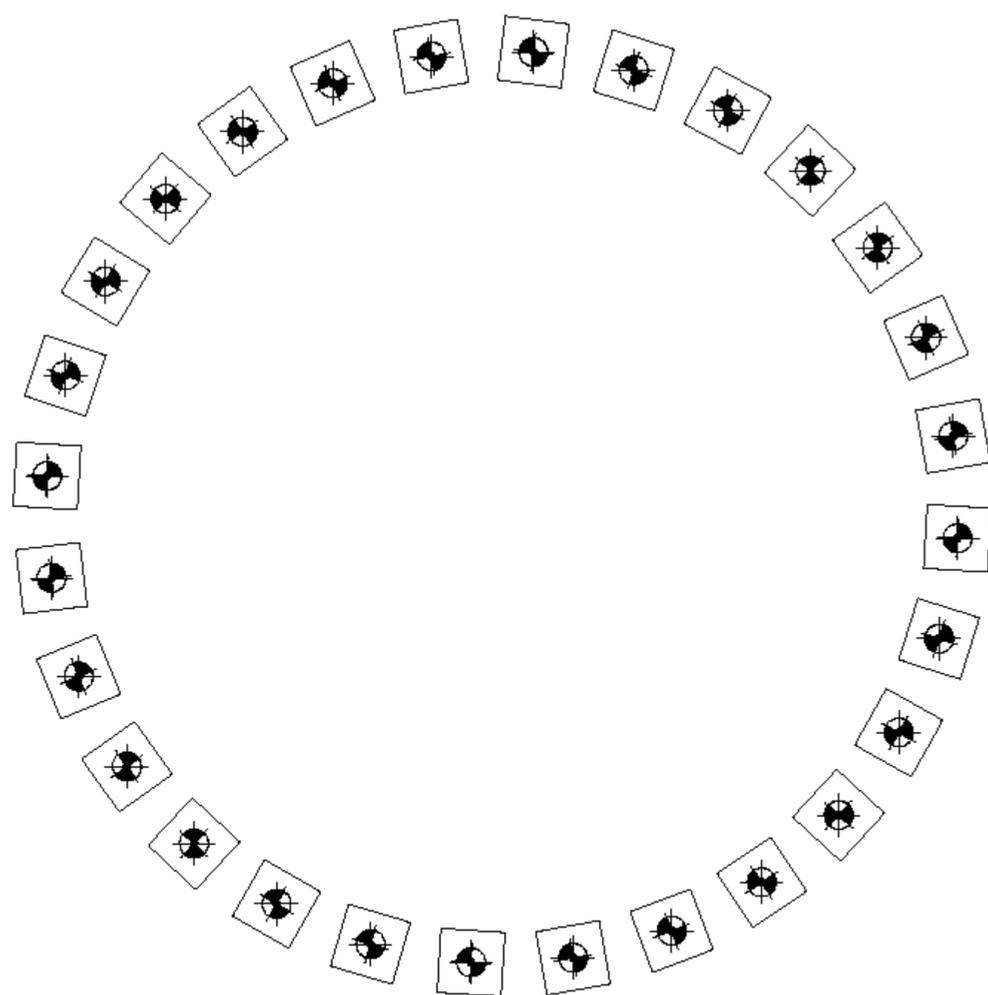
MEMBRAS	PESO ESPECIFICO (kg/m ² (GRUAS + SILO))															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
ANEL DO SILO	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
ANEL DO SILO	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54

NOTAS:

- Todas as especificações, materiais, peças, concretos, devem ser feitos de acordo com o projeto.
- Para eventuais alterações de projeto a serem exploradas, deve ser feita a consulta ao cliente e a aprovação dele.
- De acordo com o projeto, desde que não haja problema na execução, não há necessidade de aprovação do cliente para as alterações de projeto.
- O projeto é de responsabilidade do projetista, não sendo o responsável por erros ou omissões de terceiros, nem podendo ser responsabilizado por danos materiais ou morais decorrentes de erros ou omissões de terceiros.
- Em caso de divergência entre o projeto e o que for executado no obra, prevalece o projeto.
- Todos os materiais utilizados devem estar em conformidade com o projeto.

COMIL	
CLIENTE:	ANTÔNIO CARLOS MONTINA
LOCAL:	SAMBAIBA / MA
PROJETO:	S12P1F0 - MONT. EXT. - TUNEL PASS
DATA:	20/12/2017
PROJETA:	JEFERSON DINEI
REVISAO:	03408
INDICADA:	INDICADA
PREÇO:	5.8895.0000.11

ANEXO C – PROJETO ESTRUTURAL DO SILO

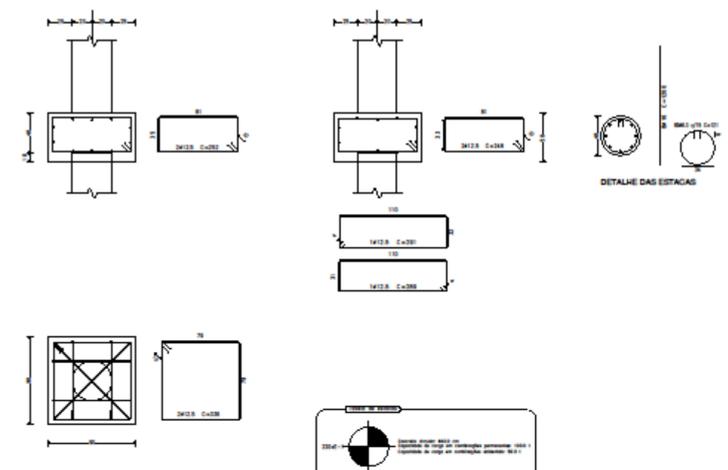


FUNDAÇÕES



VIGA ANEL

FUNDAÇÃO TIPO 2 (1 ESTACAS + BLOCO DE COROAMENTO)
(SILO 3)

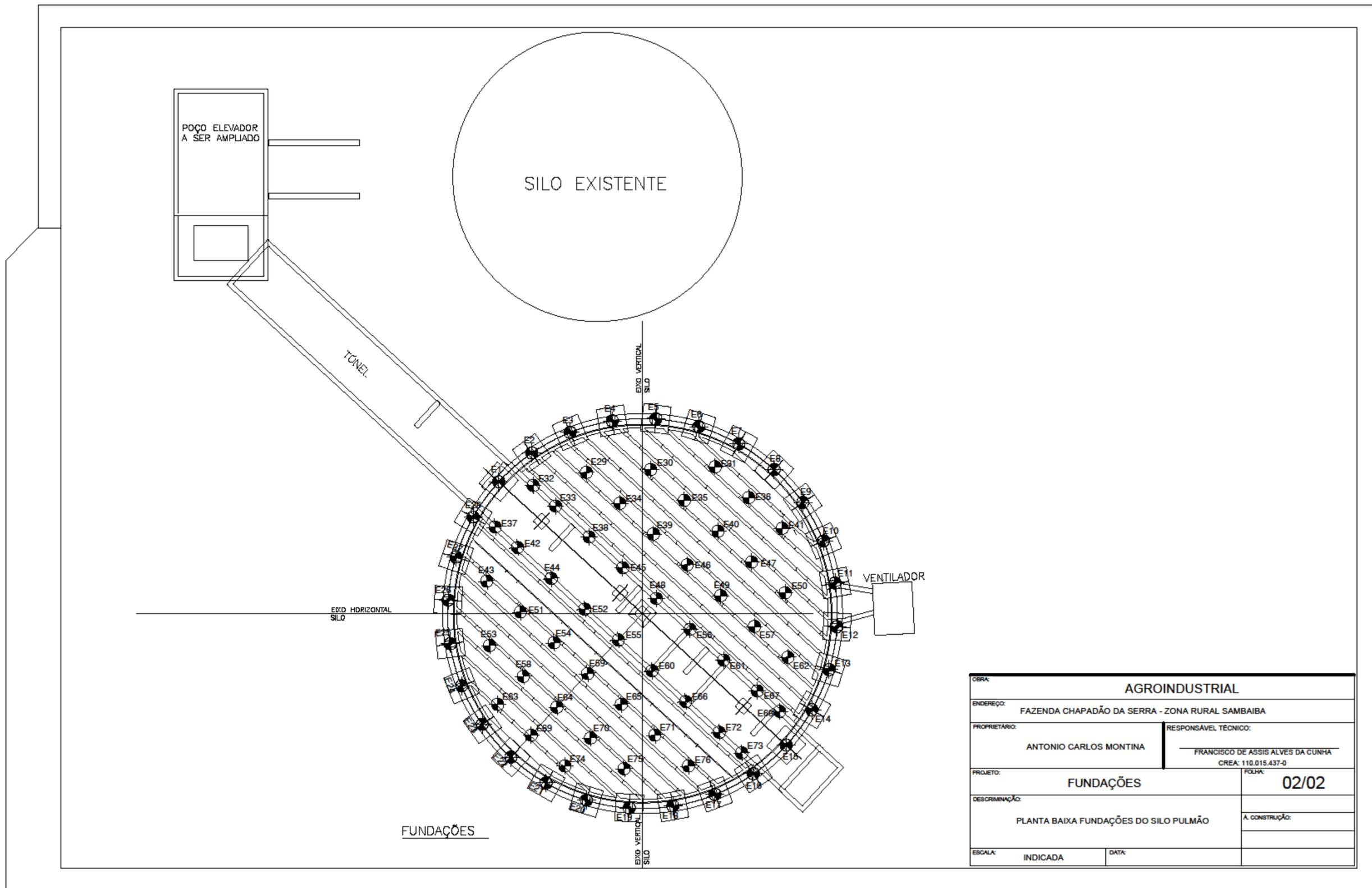


BLOCOS DE COROAMENTO

QUANTO - FERRAGEM E FUNDAÇÃO			
Resumo	Qtd	Comp. total (m)	Peso (kg)
CA-30	#6,3	95,80	25,09
	#12,5	22,50	25,85
	#16	95,00	188,64
Total			240,58

OBRA:		AGROINDUSTRIAL	
ENDEREÇO:		FAZENDA CHAPADÃO DA SERRA - ZONA RURAL SAMBAIBA	
PROPRIETÁRIO:	ANTONIO CARLOS MONTINA	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	FRANCISCO DE ASSIS ALVES DA CUNHA CREA: 110.015.437-0
PROJETO:	ESTRUTURAL	FOLHA:	01/02
DESCRIÇÃO:	PROJETO ESTRUTURAL DO SILO PULMÃO		A CONSTRUÇÃO:
ESCALA:	INDICADA	DATA:	

ANEXO D – PROJETO DE FUNDAÇÕES DO SILO



OBRA:		AGROINDUSTRIAL	
ENDEREÇO:		FAZENDA CHAPADÃO DA SERRA - ZONA RURAL SAMBAIBA	
PROPRIETÁRIO:	ANTONIO CARLOS MONTINA	RESPONSÁVEL TÉCNICO:	FRANCISCO DE ASSIS ALVES DA CUNHA CREA: 110.015.437-0
PROJETO:	FUNDAÇÕES		FOLHA: 02/02
DESCRIÇÃO:	PLANTA BAIXA FUNDAÇÕES DO SILO PULMÃO		
ESCALA:	INDICADA	DATA:	

ANEXO E – PROFUNDIDADES DAS ESTACAS ESCAVADAS DO SILO PULMÃO

PROFUNDIDADE DAS ESTACAS DO SILO PULMÃO					
Viga anel		Laje Central			
Nº	Profundidade (m)	Nº	Profundidade (m)	Nº	Profundidade (m)
1	10,65	1	10,00	30	10,30
2	9,50	2	10,60	31	9,40
3	9,65	3	10,00	32	9,90
4	10,10	4	10,40	33	9,90
5	9,75	5	9,40	34	11,30
6	10,15	6	10,80	35	11,40
7	10,65	7	10,90	36	10,50
8	10,55	8	11,30	37	10,50
9	10,70	9	11,20	38	9,40
10	10,20	10	11,00	39	11,10
11	12,05	11	12,70	40	10,80
12	11,10	12	9,20	41	10,40
13	11,15	13	11,20	42	11,20
14	11,15	14	10,00	43	11,10
15	10,95	15	11,00	44	11,20
16	9,60	16	13,00	45	11,30
17	10,00	17	10,80	46	10,00
18	10,00	18	10,40	47	10,50
19	10,35	19	9,90	48	9,80
20	8,95	20	10,20	TOTAL	507,00
21	9,95	21	10,80		
22	9,65	22	11,40		
23	9,05	23	10,20		
24	10,35	24	10,10		
25	10,15	25	9,20		
26	11,20	26	11,20		
27	11,05	27	10,70		
28	12,10	28	9,10		
TOTAL	290,70	29	10,30		
TOTAL (Viga anel + Laje) (m)					
797,70					

**ANEXO F – TRAÇO DO CONCRETO UTILIZADO NA OBRA DO ESTUDO DE
CASO**

FRANCISCO DE ASSIS ALVES DA CUNHA
 ENGENHEIRO CIVIL - CONFEACREIA: 110.015.437-0

Ciente: MONTINA AGRÍCOLA

Obra: Execução de Base para Silos com Estacas Moldadas In Loco.

TRAÇO DE CONCRETO PARA $f_{ck} = 35,00$ MPa

Tracos em Volume:	Fck (MPa)	Aconselha-se nos casos:
1 : 1 : 2	40,00	-
1 : 1,5 : 3	35,00	-
1 : 2 : 2,5	30,00	-
1 : 2 : 3	25,00	Obras de responsabilidade
1 : 2,5 : 3	23,00	-
1 : 2 : 4	21,00	Pilares, Baldames e Vigas Médias
1 : 2,5 : 3,5	18,00	-
1 : 2,5 : 4	18,00	Estrada de concreto armado
1 : 2,5 : 6	15,00	Critas de aterroçção, Vargens e Pequenas Lajes
1 : 3 : 6	12,00	-
1 : 3 : 8	10,00	-
1 : 4 : 8	8,00	-

APLICACÃO

Entrar com os dados de um peça estrutural qualquer

Comprimento da Peça ?	1,00	m
Largura da Peça ?	1,00	m
Altura da Peça ?	1,00	m
Traco Escolhido N ?	2	

Volume de Concreto:	1	m ³
Consumo de Cimento	8,0	sacos
Consumo de Areia	1	m ³
Consumo de Brita	1	m ³
Consumo de água	189	litros
Consumo de Aditivo	2,0	litros
Rendimento p/ saco de cimento	0,129	m ³
	7,2	Latas

Traco na obra para um saco de cimento

Padiola:		
Item	Consumo	Unidade
Areia	2	Padiolas
Brita	2	Padiolas
gua	24,4	Litros
Dimensões: bacia 45,0 x 35,0 cm		
Item	Altura	Unidade
Padiola para Areia	21,5	cm
Padiola para Brita	33,6	cm

Latas de 18 litros		
Item	Consumo	Unidade
Areia	3,8	Latas
Brita	5,0	Latas
gua	1	Latas

OBS

Sambaiba (MA), 18/11/2018.

FRANCISCO DE ASSIS ALVES DA CUNHA
 Eng. Civil - Especialista em Avaliao e Pericia de Engenharia - Esp. em
 Estruturas de Concreto e Fundações - Esp. em Projeto, Execução e
 Controle de Estruturas e Fundações - MBA Master em Arquitetura. Esp. em
 Estruturas Metálicas.
 CONFEACREIA: 110.015.437-0
 CPF: 179.443.783-00