



ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA ENTRE DOIS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DOS DUTOS E CANALETAS DE AERAÇÃO DE UM SILO ARMAZENADOR DE GRÃOS DE FUNDO PLANO

ANA PAULA TOBALDINI DEBONA^{1*}; JULIO TOZO NETO²

¹Discente, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, ana-debona@hotmail.com;

²Mestre em Engenharia Civil, Prof. Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR,
juliotozo@fag.edu.br.

RESUMO: O armazenamento de grãos é de suma importância para o setor agrícola, pois é responsável por receber, armazenar e conservar toda a produção de grãos em perfeitas condições para utilizá-los posteriormente. Os grãos são produzidos e colhidos em épocas de safra, e armazenados durante a entressafra para suprir as necessidades durante o ano todo. O armazenamento pode ser do tipo convencional ou a granel, este que ocorre quando o produto é armazenado sem o uso de embalagens, podendo ser do tipo elevado ou apoiado ao solo, como por exemplo em silos do tipo de fundo plano. Para o perfeito acondicionamento dos grãos se faz necessário realizar a aeração, processo que realiza o resfriamento e uniformização da temperatura e umidade no interior do silo. Esta aeração só é possível se houver um sistema eficiente, composto por ventiladores com motores, silos, dispositivos de monitoramento, dutos e canaletas. Os dutos e canaletas podem ser construídos de diversas maneiras. Neste trabalho serão realizados seus dimensionamentos em concreto armado e em alvenaria estrutural, elaborados seus respectivos orçamentos e comparados qual método se torna mais viável financeiramente.

PALAVRAS-CHAVE: Armazenamento, aeração, dutos, canaletas, dimensionamentos, comparação dos custos.

1 INTRODUÇÃO

O armazenamento de grãos é indispensável para o incentivo da produção no setor agrícola, sendo assim responsabiliza-se por receber, conservar os grãos em perfeitas condições e posteriormente redistribuir ao consumidor. A produção de grãos é periódica, enquanto que a necessidade de alimentação e a demanda das agroindústrias são ininterruptas. Os grãos são colhidos em épocas de safra e são armazenados durante a entressafra, quando não são mais produzidos, o que permite suprir as demandas durante o ano todo, evitando assim grandes variações nos preços de mercado. A população urbana está em constante expansão, tornando-se então necessária a produção de mais alimentos, que só é possível se houver uma rede de armazenamento convenientemente dimensionada (PUZZI, 2000).

O armazenamento de grãos pode ser realizado pelo sistema convencional ou armazenagem a granel. Para Elias, Oliveira e Vanier (2017), sistema convencional é aquele em que os grãos são armazenados dentro de embalagens, em celeiros, armazéns

convencionais ou galpões, onde predomina a dimensão horizontal. Os armazéns convencionais são mais utilizados pelas cerealistas e em cooperativas, pois proporcionam o armazenamento de várias espécies de grãos em uma mesma unidade, porém não favorece a automação no manuseio, nem o controle de qualidade durante sua armazenagem.

Já no sistema a granel, os grãos são armazenados em silos, armazéns graneleiros e/ou granelizados sem o uso de embalagens, podem ser apoiados diretamente ao solo ou elevados, onde predomina a dimensão vertical. Neste método, não é possível armazenar em um mesmo silo várias espécies de grãos, e sua conservação já secos, ocorre por ventilação forçada através do uso de ventiladores, processo conhecido por aeração por transilagem ou por intrassilagem (ELIAS, OLIVEIRA e VANIER, 2017).

Os grãos depositados em um silo normalmente apresentam diferenças de temperatura, pois as camadas de grãos próximas às paredes ou na superfície adquirem uma temperatura mais elevada ou inferior quando comparadas às demais, devido às estruturas de armazenamento que são metálicas ou em concreto, sendo então, afetadas pela temperatura externa (D'ARCE, 2004).

Por este motivo, para Silva, Lacerda Filho e Devilla (2008), os objetivos da aeração são realizar o resfriamento e uniformizar a temperatura das massas de grãos armazenados, promover secagem, remover os odores, inibir a atividade de insetos e preservar a qualidade dos grãos. O sistema de aeração é composto por ventilador com motor, silos, dispositivos para monitoramento e dutos, estes que podem ser divididos em principal ou de suprimento e duto secundário ou de aeração.

A justificativa para a realização deste trabalho é devido à grande necessidade de produção de grãos, como cereais, grãos leguminosos secos, oleaginosos, café e outros grãos secos alimentícios. Porém, no Brasil, ocorre o déficit de armazenamento, situação em que a produção supera a capacidade de armazenar o produto. Como consequência, verifica-se a perda da qualidade dos grãos quando não armazenados corretamente, e gera ao produtor uma perda na competitividade e diminuição dos seus lucros após a colheita.

Com a realização desta pesquisa, pretende-se responder a seguinte pergunta: Qual o método construtivo mais econômico para se construir dutos e canaletas de aeração de um silo de armazenamento de grãos de fundo plano, quando verificados os aspectos de mão de obra e materiais utilizados?

A pesquisa se trata de um dimensionamento de paredes estruturais dos dutos e canaletas de aeração em concreto armado e em bloco de cimento de um silo armazenador de grãos de fundo plano, com 22,11 metros de diâmetro, 26,42 metros de altura, capacidade de

armazenamento de 8.521,84 m³ e 6.391 toneladas. Para este estudo são analisados apenas os custos de mão de obra e materiais utilizados, valendo-se como base dos valores da Tabela de Composições de Preço para Orçamentos (TCPO) para o estado do Paraná.

De acordo com as informações apresentadas anteriormente, este estudo teve como objetivo geral analisar os custos financeiros de mão de obra e materiais entre os dois métodos construtivos do sistema de aeração de um silo armazenador de grãos de fundo plano.

Salienta-se que, para que este trabalho científico possa ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos serão propostos:

- a) Estimar os custos para a construção dos dutos e canaletas de aeração em concreto armado moldada *in loco* e em blocos vazados de concreto de um silo armazenador de grãos, considerando os custos de mão de obra;
- b) Estimar os custos para a construção dos dutos e canaletas de aeração em concreto armado moldada *in loco* e em blocos vazados de concreto de um silo armazenador de grãos, considerando os custos dos materiais utilizados;
- c) Comparar os dois sistemas construtivos para analisar qual possui um investimento financeiro menor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SILOS

São células individualizadas, geralmente possuem formato cilíndrico, construídas em concreto, chapas metálicas ou em alvenaria. Sua função é preservar a qualidade do produto durante longos períodos de armazenagem, utilizando ou não o sistema de aeração (DEVILLA, 2004).

2.1.1 Tipos de silos

De acordo com os dados fornecidos pela Consilos Industrial e Agrocivil Construtora (2018), existem vários tipos de silos metálicos disponíveis no mercado, entre eles:

–Silos de fundo plano: são próprios para armazenagem durante um longo período, garantindo a qualidade dos grãos. Sua base consiste em um anel externo em concreto armado, a qual compreende fundações de estaqueamento, túnel, viga anel, dutos e canaletas de

aeração; seu interior é preenchido com solo ou agregados e um piso de acabamento conhecido como bolachão. Possui uma vasta quantidade de modelos e suas capacidades de armazenamento variam de 28 até 15.715 toneladas. Os silos são fabricados conforme a NR12 e NPT 027, em aço galvanizado ZAR 345 e ZAR 450, possuem rosca varredora, porta de inspeção, exaustor estático, escadas de acesso e aeração.

–Silos elevados: são excelentes para o armazenamento temporário dos grãos e possuem facilidade no processo de descarga, garantindo assim, o fluxo ideal dos seus produtos, sustentação e descarga. Seu fundo em funil de descarga possui a angulação de 45° e 60° e são apoiados em colunas metálicas.

–Silos de expedição: suas principais características são a rapidez e dinamismo, que otimizam o processo de carregamento para o transporte dos grãos. Sua estrutura é feita em perfis laminados galvanizados a fogo, e seu corpo e montantes em aço galvanizado ZAR 345. A sustentação pode ser feita em concreto ou metálica e seu fundo possui um funil de descarga a 45 e 60°; e tem capacidade de armazenamento de 40, 80, 120, 160 e 200 toneladas.

2.2 AERAÇÃO

Para Mantovani (1983), os grãos a granel precisam periodicamente ser arejados para manter suas qualidades. Este processo pode ser feito por transilagem, passando o produto pelo ar; ou por aeração, cuja operação ocorre por meios mecânicos, nos quais há circulação de ar através da massa de grãos. Os principais objetivos da aeração são retirar a umidade, resfriar a massa de grãos, remover maus odores e aplicar fumigantes.

Para Silva, Lacerda Filho e Devilla (2008), o sistema de aeração é composto por vários equipamentos, como:

–Ventilador com motor: cuja função é fornecer a quantidade necessária de ar ao resfriamento do produto e vencer a resistência deste ar pela massa de grãos. São acionados quando a temperatura externa for 7°C inferior à temperatura interna do silo.

–Silos: armazenam os grãos.

–Dispositivos para monitoramento: indicam as condições do ambiente interno e externo dos grãos, podendo acionar o sistema de ventilação automaticamente.

–Dutos: permitem a injeção de ar ou sucção de ar da massa de grãos, podem ser divididos em principal ou de suprimento e duto secundário ou de aeração. O primeiro não

possui perfuração e tem a finalidade de conectar o ventilador a um ou mais dutos secundários e, estes que possuem a função de distribuir uniformemente o ar através dos grãos.

–Vários fatores influenciam na eficácia dos dutos, entre eles seu formato, que pode ser circular, semicircular, retangular, forma de “U” ou “V” invertidos; sua seção transversal e sua profundidade que interferem na velocidade do ar; sua área superficial, que irá influenciar na pressão da saída do ar e o espaçamento entre dutos, que tem influência sobre a distribuição do ar.

2.3 SISTEMAS CONSTRUTIVOS UTILIZADOS NA EXECUÇÃO DAS PAREDES DOS DUTOS E CANALETAS DE AERAÇÃO

2.3.1 Bloco vazado de concreto

Para Pereira (2016), a alvenaria estrutural é um sistema de construção no qual não é necessário o emprego de vigas e pilares. A parede possui a função estrutural, ou seja, a carga da estrutura é distribuída diretamente nas paredes, estas que podem ser construídas em blocos de concreto ou cerâmicos autoportantes.

Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos ou unidades; argamassa; graute e armadura (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Segundo a NBR 6136 (2016), bloco vazado de concreto simples é um componente utilizado na execução de alvenaria, com ou sem a função estrutural, vazado em suas faces, e possui uma área líquida igual ou inferior a 75% da sua área total. O concreto utilizado em sua fabricação deve ser constituído de Cimento Portland, agregados e água, sendo permitido o uso de aditivos e adições.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), a argamassa de assentamento é composta de areia, cimento, cal e água e é utilizada para unir, transmitir e uniformizar as tensões entre os blocos, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e vento nas edificações. Esta deve possuir resistência, trabalhabilidade, plasticidade e durabilidade.

O graute é um concreto com agregados fluidos, sua função quando necessário, é preencher os vazios nos blocos, aumentar a área da seção transversal e proporcionar a união dos blocos com as armaduras posicionadas, estas que por sua vez ajudam a combater as tensões de tração que a alvenaria não teria condições de resistir (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

2.3.2 Vigas

De acordo com a Norma Brasileira 6118 (2014), entende-se por viga um elemento linear em que seu comprimento longitudinal é três vezes maior que sua espessura e sua altura, este elemento também é chamado de barra, preponderante à flexão. Sua seção transversal não pode possuir largura inferior a 12 cm, admite-se em casos excepcionais sua redução para um mínimo absoluto de 10 cm, respeitando obrigatoriamente algumas condições especificadas nesta mesma norma, junto a ABNT NBR 14931.

As principais funções das vigas, para Bastos (2006), são basicamente vencer os vãos, receber e transmitir para os apoios as ações de lajes, paredes, outras vigas e eventualmente de pilares. As armaduras das vigas são compostas por armadura transversal (estribos) e por armaduras longitudinais (barras longitudinais).

2.4 FERRAMENTAS UTILIZADAS

2.4.1 Software CAD

CAD é uma abreviação de *Computer-Aided Design*, ou *Design* assistido por computador (DAC) e pode ser empregado tanto na criação de itens em 2D quanto 3D. É um programa utilizado para gerar, alterar ou melhorar um projeto digital, entregando vantagens como elevação da produtividade e qualidade do projeto. Suas ferramentas podem ser usadas por arquitetos, engenheiros civis, mecânicos, estruturais, eletricitas, *designers* entre outros profissionais (TOTALCAD, 2017).

O intuito principal de um *software* de desenho é proporcionar um cenário virtual, no qual as especificações do projeto analisado são inseridas exatamente da maneira como será executado o empreendimento (CLUBE DO AUTOCAD, S/D).

2.4.2 Planilhas eletrônicas

São programas de computador desenvolvidos para realizar cálculos ou apresentar dados através de tabelas, estas que são formadas por uma grade composta de linhas e colunas (SENRA, 2015).

De acordo com Benjamin (S/D), as planilhas eletrônicas possuem como objetivos, a criação e manipulação de planilhas de cálculos, o desenvolvimento de gráficos, orçamentos, entre outros.

2.4.3 Orçamentos

Necessário é lembrar que o ato de orçar é quantificar os insumos, mão de obra, ou equipamentos necessários para realizar uma obra ou serviço de engenharia, considerando os respectivos custos e tempo de duração (AVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

Para a orçamentação das construções, considera-se a soma dos custos diretos, indiretos e lucros previstos, onde o custo direto é aquele obtido pela soma dos insumos, como por exemplo, as horas trabalhadas pelos pedreiros, serventes e materiais. Já os custos indiretos são aqueles que não são facilmente mensuráveis, são normalmente considerados por mês ou calculados sobre o custo total da obra, como administração central, impostos, entre outros (DIAS, 2011).

Dias (2011), ainda explica que os preços podem ser classificados em regionais, sazonais ou por empreendimento. Regionais são aqueles que possuem características regidas por região, como por exemplo, os custos de mão de obra, salários e materiais. Sazonais variam conforme a demanda, como os insumos. Já os custos por empreendimento são calculados em função da localização, clima, produção da mão de obra, entre outros.

De acordo com TCPO Web (S/D), a Tabela de Composições e Preços para Orçamentos – TCPO é a principal referência de custos de engenharia no Brasil, possuindo mais de 8.500 composições. Entende-se por composição o detalhamento de serviços, que indica a descrição, quantidades, produtividade e custos unitários dos materiais, mão de obra e equipamentos necessários à execução de um serviço.

Pode-se acrescentar ainda outra ferramenta na orçamentação, a tabela SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Seu uso é obrigatório no meio público. Este sistema é mantido pela Caixa Econômica Federal em parceria com o IBGE, que coleta e realiza o tratamento dos dados que são repassados à Caixa, que disponibiliza mensalmente os custos por metro quadrado na construção civil, incluindo materiais, mão de obra e equipamentos (PEREIRA, 2018).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

Trata-se de um estudo financeiro que analisou dois métodos construtivos das paredes de dutos e canaletas de aeração para uma futura construção de um silo armazenador de grãos de fundo plano.

A pesquisa foi realizada pelo método comparativo, no qual a primeira etapa consistiu no desenvolvimento de dois projetos estruturais das paredes dos dutos e canaletas de aeração, sendo um construído em concreto armado e o segundo em bloco de cimento. O próximo passo compreendeu o levantamento dos custos através de orçamentos, estes que foram elaborados com o auxílio de planilhas eletrônicas e levou-se em consideração os preços para o estado do Paraná.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O modelo de silo armazenador de grãos analisado possui 22,11 metros de diâmetro, 26,42 metros de altura, capacidade de armazenamento de 8.521,84 m³ e 6.391 toneladas e é do tipo fundo plano, conforme Figura 1. Sua base consiste em um anel externo em concreto armado e seu fechamento lateral é fabricado em aço galvanizado ZAR 345; este que possui alta resistência mecânica e é indicado principalmente para usos planos e em aplicações com dobramentos simples como silos, por exemplo.

As canaletas, dutos primários e secundários foram dimensionados considerando a execução das paredes estruturais em concreto armado e em blocos vazados de cimento, como representado na Figura 2 e Figura 3.

Figura 1: Silo armazenador de grãos de fundo plano



Fonte: Agrocivil Construtora (2019).

Figura 2: Dutos e canaletas de aeração utilizando parede em concreto armado



Fonte: Agrocivil Construtora (2017).

Figura 3: Dutos e canaletas de aeração utilizando parede em bloco de concreto



Fonte: Agrocivil Construtora (2019)

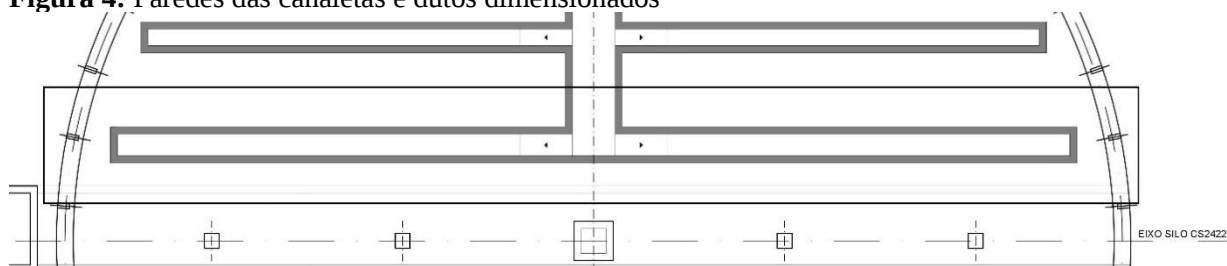
3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada através da elaboração de projetos estruturais, utilizando como ferramenta de auxílio o *software* CAD.

3.3.1 Dimensionamento dos dutos e canaletas em concreto armado

As paredes dos dutos e canaletas de aeração em concreto armado do silo armazenador de grãos destacadas na Figura 4 foram dimensionadas como vigas, que de acordo com o item 18.3 da Norma Brasileira Regulamentadora: NBR 6118:2014, estabelece uma relação $l/h \geq 2,0$ para vigas isostáticas e $l/h \geq 3,0$ para vigas contínuas, em que l é comprimento do vão efetivo e h é a altura total da viga. Vigas com relações l/h inferiores devem ser tratadas como viga-parede.

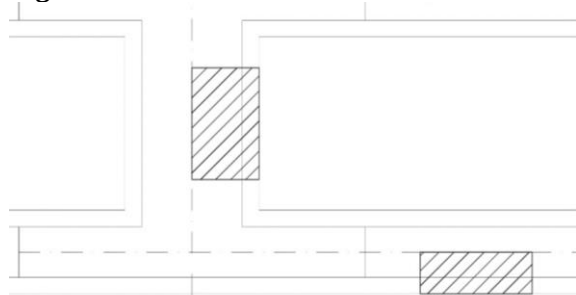
Figura 4: Paredes das canaletas e dutos dimensionados



Fonte: Autor (2019)

A primeira etapa do dimensionamento de vigas consiste na determinação dos carregamentos atuantes, estes que são provenientes do peso próprio ($2,5 \text{ toneladas} \times \text{base} \times \text{altura}$), peso dos grãos ($\text{área de influência} \times \text{carga na base} / \text{área da base}$) e peso do piso superior ($2,5 \text{ toneladas} \times \text{área de influência}$ - Figura 5).

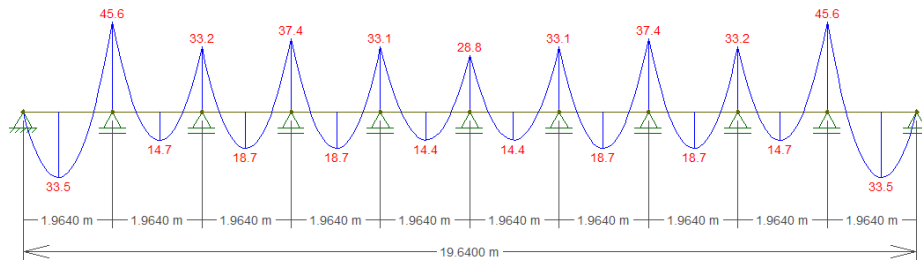
Figura 5: Áreas de influência



Fonte: Autor (2019)

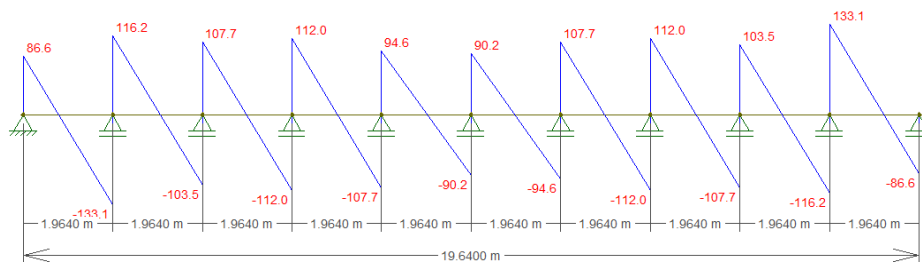
Após a determinação das cargas atuantes na viga, lançaram-se os carregamentos no *software* Ftool, considerando como apoios para a vigas, as estacas, entre estas foi limitada uma distância de aproximadamente dois metros. Através deste programa, geraram-se os diagramas dos momentos atuantes nas vigas (M_k) e de força cortante (V_k), conforme indicam as Figuras 6 e 7.

Figura 6: Momentos atuantes (M_k)



Fonte: Autor (2019)

Figura 7: Força cortante (V_k)



Fonte: Autor (2019)

Em seguida, foram identificados alguns dados iniciais baseados na ABNT NBR 6118:2014, como a classe de agressividade ambiental (Tabela 1), classe do concreto (Tabela 2), cobrimento nominal (Tabela 3), base da seção transversal da viga (b_w) e altura total (h); estas dimensões foram obtidas através do projeto arquitetônico. O vão efetivo da viga (l_{ef}), por sua vez, é dado pela Equação 1 e altura útil ($d=0,9 \times h$).

$$l_{ef}=l_0+a_1+a_2 \quad (1)$$

$$a_1 \text{ e } a_2 \leq \begin{cases} t/2 \\ 0,3 \times h \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

l_{ef} : vão efetivo da viga

l_0 : distância entre os dois apoios das vigas

t : espessura do apoio

h : altura da viga

Tabela 1: Classe de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

Tabela 3: Correspondência entre a classe agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c=10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

O primeiro dimensionamento realizado foi o de flexão, que pode ser simples ou composta. A flexão simples é quando o momento de cálculo ($M_d=1,4 \times M_k$) é menor ou igual ao momento limite ($M_{d,lim}=0,251 \times f_{cd} \times b_w \times d^2$), já a composta ocorre quando M_d é maior que o $M_{d,lim}$.

Para o cálculo da armadura longitudinal à flexão simples (A_s) se fez necessário calcular primeiramente a posição da linha neutra (x) que é dada pela Equação 3:

$$x = \frac{0,68 \times d \pm \sqrt{(0,68 \times d)^2 - 4 \times 0,272 \times \left(\frac{M_d}{b_w \times f_{cd}} \right)}}{0,544} \quad (3)$$

Após o cálculo da linha neutra (x), verificou se $x/d \leq 0,45$ para concreto com $f_{ck} \leq 50$ Mpa, e em seguida identificou a qual domínio de deformação pertence, de acordo com as Equações 4 e 5:

Domínio 2:

$$0 < x \leq 0,259 \times d \quad (4)$$

$$\epsilon_c = 0 \text{ até } 3,5\% \quad \epsilon_s = 10\%$$

Domínio 3:

$$0,259 \times d < x \leq 0,6283 \times d \quad (5)$$

$$\epsilon_c = 3,5\% \quad \epsilon_s = 2,07 \text{ até } 10\%$$

Após determinar o domínio, foi determinada a área das armaduras longitudinais à flexão simples pela equação $A_s = M_d / [(d - 0,4 \times x) \times f_{yd}]$. A Norma Brasileira Regulamentadora 6118:2014 ainda especifica a necessidade de calcular as áreas de armaduras mínimas ($A_{s,min} = \rho_{min} \times b_w \times h$) e armaduras máximas ($A_{s,max} = (A_s + A_s') \leq (4\% \times b_w \times h)$). A armadura de pele é necessária em vigas com altura superior à 60 cm e é calculada pela Equação 6, onde $A_{c,alma}$ é a área de concreto da alma da viga.

Para a distribuição transversal das armaduras foi determinado o espaçamento horizontal (a_h) pela Equação 7, o espaçamento vertical (a_v) indicado pela Equação 8, onde o diâmetro máximo do agregado graúdo ($d_{máx, agregado}$) este que foi determinado através do traço do concreto utilizado em obra. Já o número de barras na primeira camada (n) é definido pela Equação 9. A NBR 6118:2014 estabelece no item 17.2.4.1 que os esforços nas armaduras podem ser considerados concentrados no centro de gravidade quando a distância (a) entre o centro de gravidade ao ponto da seção da armadura mais afastado da linha neutra não ultrapassar o limite de $10\% \times h$.

$$A_{s,pele} = 0,10\% \text{ de } A_{c,alma} = 0,0010 \times b_w \times h \quad (6)$$

$$a_h \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \text{diâmetro da barra} \\ 1,2 \times \text{diâmetro máximo do agregado graúdo} \end{cases} \quad (7)$$

$$a_v \geq \begin{cases} 2 \text{ cm} \\ \text{diâmetro da barra} \\ 0,5 \times \text{diâmetro máximo do agregado graúdo} \end{cases} \quad (8)$$

$$n = \frac{[b_w - (2 \times c) - (2 \times \emptyset_t)] + a_h}{\emptyset + a_h} \quad (9)$$

Após realizar o cálculo das armaduras longitudinais para flexão simples, foi realizado o dimensionamento das armaduras transversais, este que pode ser realizado pelo Modelo I (diagonais de compressão sejam inclinadas a um ângulo de $\theta=45^\circ$ em relação ao eixo longitudinal do elemento estrutural) ou pelo Modelo II (as diagonais de compressão sejam inclinadas a um ângulo θ variável entre 30° e 45°). Para ambos os modelos é necessário realizar a verificação de compressão na biela e cálculo da armadura transversal.

A resistência da viga será satisfatória quando forem atendidas, simultaneamente, as condições do item 17.4.2.1 da ABNT NBR 6118:2014 de compressão na biela e cálculo das armaduras transversais. Este determina que a força cortante solicitante de cálculo ($V_{sd} = \gamma_d \times V_{sk}$) deve ser menor ou igual a força cortante resistente de cálculo relativa à ruína das diagonais comprimidas (V_{Rd2}), representado pela Equação 10 e também quando a força cortante solicitante de cálculo (V_{sd}) for menor ou igual a força cortante resistente de cálculo relativa à ruína por tração diagonal (V_{Rd3}), representado pela Equação 13.

$$V_{Rd2} = 0,27 \times \alpha_{v2} \times [f_{cd} \times b_w \times d \times (\cot \alpha + 1)] \quad (10)$$

$$\alpha_{v2} = [1 - (f_{ck}/250)] \quad (11)$$

$$\theta = 45^\circ \quad 45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ \quad (12)$$

$$V_{sd} \leq V_{Rd3} = V_c + V_{sw} \quad (13)$$

$$V_c = V_{co} = 0,6 \times f_{ctd} \times b_w \times d \quad (14)$$

$$f_{ctd} = (0,21 \times f_{ck}^{2/3}) / \gamma_c \quad (15)$$

O cálculo da armadura transversal foi realizado de acordo com o modelo I do item 17.4.2.2 desta mesma NBR, no qual a força cortante resistida (V_{sw}) é expressa pela Equação 16.

$$V_{sw} = (A_{sw}/s) \times 0,9 \times f_{ywd} \times (\sin \alpha + \cos \alpha) \quad (16)$$

$$f_{ywd} \leq \begin{cases} f_{yd} \\ 435 \text{ MPa} \end{cases} \quad (17)$$

$$V_{sw,min} = (A_{sw}/s)_{min} \times 0,9 \times f_{ywd} \times (\sin \alpha + \cos \alpha) \quad (18)$$

Onde:

A_{sw} : área de todos os ramos da armadura transversal

s : espaçamento entre elementos da armadura transversal

f_{ywd} : tensão na armadura transversal passiva

α : ângulo de inclinação da armadura transversal

Após encontrar o valor da armadura transversal (A_{sw}), se faz necessário realizar duas verificações. A primeira é calcular a armadura mínima ($A_{s,min}=0,2 \times b_w \times f_{ct,m}/f_{ywk}$), onde $f_{ct,m}=0,3 \times f_{ck}^{2/3}$. Em seguida, comparar ambas as áreas, se o A_{sw} for maior ou igual ao $A_{s,min}$, utiliza-se o valor de A_{sw} no cálculo, se o A_{sw} for menor ao $A_{s,min}$, adota-se o mínimo para prosseguir aos cálculos. A próxima etapa foi realizar a verificação referente ao esforço cortante, esta que se faz pela comparação de ($V_{sd} < V_{sd,min}$), representado pela equação ($V_{sd,min}=V_{sw,min} + V_c$).

Para o detalhamento destas armaduras se faz necessário calcular primeiramente o estribo, este que deve ser maior ou igual a 5mm e simultaneamente inferior à $b_w/10$. Já o espaçamento mínimo e máximo são dados pelas Equações 19 e 20, respectivamente.

$$s_{min} \geq \phi_{vibrador} + 1 \text{ cm} \quad (19)$$

$$s_{max} \leq \begin{cases} 0,6 \times d \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \text{ se } V_{sd} \leq 0,67 \times V_{Rd2} \quad (20)$$
$$s_{max} \leq \begin{cases} 0,3 \times d \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \text{ se } V_{sd} > 0,67 \times V_{Rd2}$$

A ancoragem do estribo em ângulo reto deve possuir a ponta reta de comprimento maior igual a $10 \times \phi_t$, porém não inferior a 7 cm. O espaçamento entre os estribos (S) foi calculado pela Equação 21, já a quantidade de barras é encontrada pela divisão do trecho de análise para distribuição dos estribos (t) pelo espaçamento entre estribos (s).

$$S = \frac{A_{\phi}}{\left(\frac{A_{sw}}{S}\right)} \times NR \times t \quad (21)$$

Onde:

NR : número de ramos verticais adotados;

A_{ϕ} : área da seção transversal de uma barra;

3.3.2 Dimensionamento dos dutos e canaletas em blocos vazados de concreto

Os dutos e canaletas destacados pela Figura 4 foram dimensionados conforme as suas características, como paredes em alvenaria estrutural, utilizando blocos vazados de concreto. Estes blocos devem atender algumas especificações indicadas pela Tabela 4 que são descritas

pela NBR 6136 (2016), que determina os limites de resistências características à compressão, absorção e à retração. Esses requisitos dependem da classificação do bloco, sendo classe A utilizada com função estrutural abaixo do nível do solo, classe B possuindo função estrutural acima do nível do solo e classe C com ou sem função estrutural acima do nível do solo.

Tabela 4: Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a MPa	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.

^b Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).

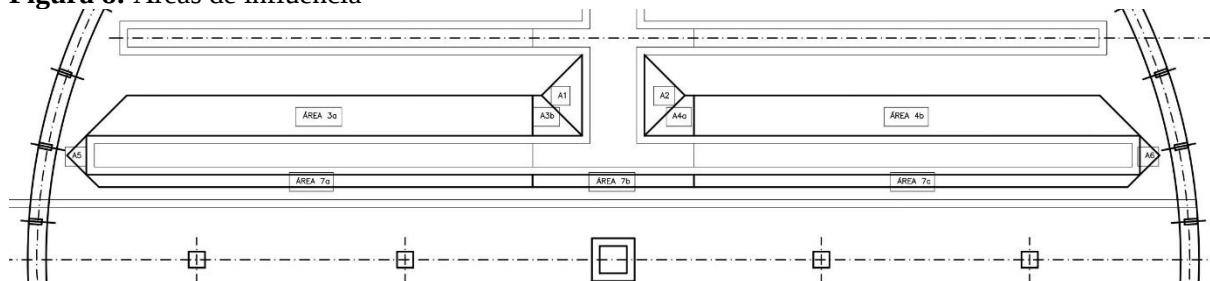
^c Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).

^d Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

Por segurança, foram calculadas e definidas as resistências mínimas dos blocos de classe A de dimensões 19 x 14 x 39cm para as paredes mais carregadas, e posteriormente foram adotadas para as demais paredes. A partir da planta baixa, pode-se determinar com o auxílio da ferramenta AutoCAD, as áreas de influência (Figura 8), ou seja, quando o carregamento é espalhado sobre apenas parte do comprimento da parede e ao longo de sua altura. A NBR 15961-1 (2011) especifica que este espalhamento deve ser de 45° a partir das interseções das paredes.

Figura 8: Áreas de influência



Fonte: Autor (2019)

Primeiramente, foi necessário calcular a tensão que cada parede recebe. O carregamento total que exerce sobre elas é obtido pela somatória do peso próprio da parede, peso dos grãos por metro quadrado e peso do piso superior. O piso exerce uma reação sobre as paredes, este

que é calculado através da multiplicação do peso específico do concreto pela espessura e pela área de influência. Elas também recebem ação de seu próprio peso ($P_{pr} = \gamma_{bloco} \times \text{espessura} \times \text{altura da parede} \times \text{comprimento}$). Ramalho e Corrêa (2008) utilizam o peso específico dos blocos de concreto, sendo 14 kN/m³. O peso dos grãos por sua vez é obtido através da multiplicação do peso específico do grão pela área de influência.

Após a determinação de todos os carregamentos, se fez necessário realizar o agrupamento das paredes, este que é um processo o qual uniformiza as cargas verticais exercidas nestas, proporcionando ao projeto um aumento na segurança, economia e resulta em cargas adequadas para as estruturas.

O dimensionamento à compressão simples da alvenaria é dado pela Equação 22, considerando a disposição da argamassa em toda a face horizontal do bloco, sendo f_{pk} e f_{bk} a resistência característica de compressão simples do prisma e do bloco, respectivamente, γ_f e γ_m coeficientes de ponderação das ações e das resistências, N_k a força normal característica, A a área bruta da seção transversal, t_{ef} e h_{ef} espessura e altura efetiva respectivamente.

$$f_{bk} \geq \frac{f_{pk}}{0,8} \quad (22)$$

$$\frac{\gamma_f \times N_k}{A} \leq \left\{ \begin{matrix} 1,0 \text{ parede} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{matrix} \right\} \times \frac{0,7 \times f_{pk}}{\gamma_m} \times \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \times t_{ef}} \right)^3 \right] \quad (23)$$

Não foi necessário fazer a verificação quanto à flexão simples e composta, nem ao cisalhamento, pois a primeira ocorre principalmente em vigas, vergas, muros e em paredes de reservatórios pouco comprimidas. A flexão composta, por sua vez, ocorre em paredes de contraventamento e em paredes de reservatórios com alta compressão. Já o cisalhamento ocorre em vigas, vergas e em paredes de contraventamento. Ambas verificações estão relacionadas às ações horizontais, estas que são causadas pelo vento e pelo desaprumo, fatores inexistentes nas paredes analisadas.

A resistência média da argamassa à compressão e à tração pode ser determinada através de ensaios, estes que são descritos pela NBR 13279 (2005) e pelo Anexo D da NBR 15961 – 2 (2010). Como neste trabalho o objetivo não era realizar os ensaios prescritos pelas normas citadas anteriormente, foi adotado o traço da argamassa sendo 1:0,5:4,5, possuindo resistência média (f_a) de 12 Mpa. Estes dados são sugeridos por Parsekian e Soares (2010) e descritos pela Tabela 6. A resistência do bloco foi determinada utilizando como referência a Tabela 5, esta que indica qual a resistência mínima necessária de acordo com o valor calculado da resistência característica de compressão do prisma, respeitando simultaneamente a Tabela 4.

Tabela 5: Padronização da especificação de argamassa e graute e valor de prisma para blocos de concreto classe A, B e C (NBR 6136/2005)

MPa, área bruta						
f_{bk}	f_a	f_{gk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}	$f_{pk} */ f_{pk}$	$f_{pk} *$
3,0	4,0	15,0	0,80	2,40	2,00	4,80
4,0	4,0	15,0	0,80	3,20	2,00	6,40
6,0	6,0	15,0	0,80	4,80	1,75	8,40
8,0	6,0	20,0	0,80	6,40	1,75	11,20
10,0	8,0	20,0	0,75	7,50	1,75	13,13
12,0	8,0	25,0	0,75	9,00	1,60	14,40
14,0	12,0	25,0	0,70	9,80	1,60	15,68
16,0	12,0	30,0	0,70	11,20	1,60	17,92
18,0	14,0	30,0	0,70	12,60	1,60	20,16
20,0	14,0	30,0	0,70	14,00	1,60	22,40

Em que:

f_a : resistência média à compressão da argamassa;

f_{bk} : resistência característica à compressão do bloco;

f_{gk} : resistência característica à compressão do graute;

f_{pk} : resistência característica à compressão do prisma oco;

$f_{pk} *$: resistência à compressão do prisma cheio;

Blocos de 14 cm de espessura

Fonte: Parsekian (2012)

Tabela 6: Traços básicos de argamassa

CIMENTO	CAL	AREIA	RESISTÊNCIA MÉDIA (f_a) ESPERADA (MPa)	USO / NOTAS
1	0,25	3	17	Traço muito forte, suscetível a fissuras
1	0,5	4,5	12	Traço ainda forte, recomendado apenas para casos de alvenarias aparentes ou enterradas, ou ainda sujeitas a ação lateral predominante (arrimos, reservatórios)
1		5 a 6	5	Traço adequado para edificações de baixa altura em paredes revestidas
1		8 a 9	2,5	Traço apenas para alvenaria de vedação

Fonte: Parsekian e Soares (2010)

3.3.3 Orçamento

A orçamentação por sua vez ocorreu através de planilhas eletrônicas baseadas na Tabela de Composições e Preços para Orçamentos – TCPO, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Modelo de Planilha Orçamentária

TCC Engenharia Civil Acadêmica: Ana Paula Tobaldini Debona Prof. Orientador: Mestre Engenheiro Civil Julio Tozo Neto								
ITEM	CÓD.	DESCRIÇÃO DO ITEM	UN.	QUANT.	Coef.	Custo Unitário (Mat. + M.O.)	Custo Total	Subtotal

Fonte: Autor (2019)

3.3.4 Análise dos dados

Após a coleta de dados, através da elaboração de projetos e orçamentos, foram comparados, mediante o uso de planilhas eletrônicas, qual dos métodos construtivos necessitou de um menor investimento final, quando analisados os custos de mão de obra e materiais para a construção dos dutos e canaletas do silo analisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item são apresentados os resultados do dimensionamento dos dutos e canaletas de aeração em concreto armado e em alvenaria estrutural utilizando blocos vazados de concreto, como também o orçamento para a construção destas estruturas para ambos os métodos construtivos citados anteriormente.

A elaboração dos projetos estruturais foi realizada com o auxílio da ferramenta *AutoCAD*, instrumento este utilizado para a coleta dos dados necessários descritos nos itens 3.3.1 e 3.3.2.

O presente trabalho consistia apenas em elaborar o dimensionamento das paredes dos dutos e canaletas para ambos os métodos construtivos, portanto o radier não foi dimensionado, porém para a elaboração do orçamento foi considerada a sua construção, utilizando tela soldada nervurada.

O dimensionamento à flexão simples e ao cisalhamento em concreto armado seguiram as orientações do item 3.3.1 deste documento e foram realizados para apenas as canaletas e dutos, destacados pela Figura 4, pois sofrem um maior carregamento quando comparados as demais. Portanto, foram adotadas para todas as vigas a mesma armadura, estas que estão descritas na Tabela 8.

Tabela 8: Resultado do dimensionamento em concreto armado

Estrutura	Largura (m)	Altura (m)	Armadura longitudinal	Armadura transversal	Armadura de pele
Dutos	0,15	0,7	2 Ø 10.0	Ø 6.3 c/ 20 cm	3 Ø 8.0
Canaletas	0,15	0,6	2 Ø 12.5	Ø 8.0 c/ 18 cm	3 Ø 6.3
Armaduras adotadas			2 Ø 12.5	Ø 8.0 c/ 18 cm	3 Ø 8.0

Fonte: Autor (2019)

O dimensionamento da alvenaria estrutural, destacado também pela Figura 4, está indicado na Tabela 9 e seguiu as orientações do item 3.3.2 deste trabalho. Foi realizado apenas o cálculo da resistência mínima necessária dos blocos, pois esta estrutura não sofre ações horizontais, fator este importante para o cálculo de flexão e cisalhamento. De acordo com a Tabela 5 de Parsekian (2012), a resistência à compressão do bloco é maior ou igual a 3,0 MPa, porém a NBR 6136 (2016) especifica na Tabela 4, que para blocos de classe A utilizados no dimensionamento, se faz necessária a utilização de blocos vazados de concreto com resistência igual ou superior a 8,0 Mpa. Não houve a necessidade de usar armaduras e realizar o grauteamento.

Tabela 9: Resultado do dimensionamento em blocos vazados de concreto

f_{pk} calculada (MPa)	f_{bk} (MPa) para Parsekian (2012)	f_{bk} (MPa) para NBR 6136 (2016)
1,2	3,0	8,0

Fonte: Autor (2019)

A orçamentação, por sua vez, foi realizada utilizando como auxílio planilhas eletrônicas e a Tabela de Composições de Preço para Orçamentos (TCPO), tendo como referência os valores para a cidade de Curitiba no estado do Paraná, no mês de agosto de 2019. Houve a

necessidade de realizar a adequação de algumas composições com o objetivo de tornar o orçamento o mais correto possível. Utilizou-se também, como referência, a Tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices na Construção Civil) referente ao mês de agosto de 2019. A orçamentação completa encontra-se nos Anexo A e B e seu resumo na Tabela 10.

Tabela 10: Orçamentação

Fonte: Autor (2019)

Através dos dimensionamentos das paredes dos dutos e canaletas de aeração de um silo armazenador de grãos de fundo plano, com 22,11 metros de diâmetro, 26,42 metros de altura, capacidade de armazenamento de 8.521,84 m³ e 6.391 toneladas; e posteriormente a orçamentação de ambos os métodos construtivos, podemos constatar que para a construção das paredes dos dutos e canaletas de aeração em alvenaria estrutural utilizando blocos vazados de concreto possui uma redução dos custos de aproximadamente 63% (sessenta e três por cento) quando comparada ao método em concreto armado.

5 CONCLUSÃO

O presente artigo mostra que os cálculos de dimensionamento e a orçamentação para ambos os métodos podem ser feitos à mão, utilizando como auxílio apenas algumas ferramentas básicas de informática. Possibilitando assim, obter corretamente as armaduras utilizadas para a construção das paredes, como também especificando a resistência mínima dos blocos de concreto que serão utilizados na obra.

Este trabalho teve como objetivo principal analisar os custos financeiros de mão de obra e materiais para a construção das paredes dos dutos e canaletas de aeração de um silo

armazenador de grãos de fundo plano em concreto armado e em alvenaria estrutural utilizando blocos vazados de concreto.

Quanto aos objetivos específicos, foi possível estimar os custos das paredes dos dutos e canaletas considerando apenas os custos da mão de obra e materiais utilizados. Para o dimensionamento destas paredes em concreto armado foram seguidas as orientações da NBR 6118 (2014), já para o cálculo em alvenaria estrutural em blocos vazados de concreto, foram seguidas as especificações da NBR 15961-1 (2011).

Com base nos resultados dos dimensionamentos e na orçamentação, foi possível identificar que o método construtivo em concreto armado necessita de um maior investimento financeiro, de aproximadamente 167% (cento e sessenta e sete por cento), quando comparado a utilização dos blocos vazados de concreto. Esta diferença é decorrente dos processos executivos, em que o primeiro método demanda de uma quantidade maior de mão de obra e materiais quando comparado ao segundo método.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se:

- Dimensionar todas as paredes dos dutos e canaletas de aeração;
- Dimensionar as paredes, radier e a fundação dos dutos e canaletas de aeração;
- Comparar ambos os métodos considerando mão de obra, materiais e tempo para a conclusão das mesmas.

REFERÊNCIAS

AGROCIVIL CONSTRUTORA LTDA - ME. **Catálogo**. Paraná, 2018. Disponível em <http://consilos.com.br/catalogos/Agrocivil_Construtora_ptb.pdf> acesso em: 17 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2010.

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L. I.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras – Construção Civil**. Universidade do Sul de Santa Catarina. Curso de Arquitetura e Urbanismos Planejamento e Gerenciamento de Obras. Santa Catarina, 2003. Disponível em <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-%20Or%C3%A7amento.pdf>> acesso em: 24 mar. 2019

BASTOS, P. S. S., **Fundamentos do concreto armado**. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 2019. Disponível em <<http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>> acesso em: 27 ago. 2019.

BENJAMIN, E. **Conceito de planilha eletrônica**. Disponível em <<https://slideplayer.com.br/slide/3135756/>> acesso em: 24 mar. 2019.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos (EdUFSCar), 2014.

CLUBE DO AUTOCAD. **Escolhendo um software CAD – Existe apenas o AutoCAD?** Disponível em <<https://www.clubedoautocad.com/autocad/202-escolhendo-um-software-cad-existe-apenas-o-autocad>> acesso em: 23 mar. 2019.

CONSILOS INDUSTRIAL LTDA. **Catálogo**. Paraná, 2018. Disponível em <http://consilos.com.br/catalogos/Consilos_Agroindustria_ptb.pdf> acesso em: 17 mar. 2019.

D'ARCE, M. A.B. R., **Pós colheita e armazenamento de grãos**. Texto compilado para a disciplina “LAN 2444 Tecnologia de Produtos Agropecuários II” – Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição. São Paulo: ESALQ/USP, 2004. Disponível em: <<http://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/armazenamento-de-graos-1.pdf>> acesso em: 09 mar. 2019.

DEVILLA, I. A. **Projeto de unidades armazenadoras**. Universidade Estadual de Goiás. Curso de Engenharia Agrícola. Goiás, 2004. Disponível em <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAABPc4AB/projeto-unidades-armazenadoras>> acesso em: 16 mar. 2019.

DIAS, P. R. V. **Engenharia de custos: metodologia de orçamentação para obras civis**. 9 ed. Rio de Janeiro: Sindicato dos Editores de Livros, 2011.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos, Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas. Rio Grande do Sul, 2017.

Disponível em <<http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material---prova-1.pdf>> acesso em: 09 mar. 2019.

MANTOVANI, B. H. M. Armazenamento de grãos. *In*: MAGNAVACA, R.; CASTANHEIRA, P. M. (Coord.). **Cultura do milho**. Distrito Federal: EMBRATER; Minas Gerais: EMBRAPA-CNPMS, 1983. cap. 14, p. 187

MARINO, M. A.; MACHADO, R. D. **Estruturas de concreto armado**. Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2016. Disponível em <<http://www.estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2016/03/Capitulo11.pdf>> acesso em: 07 set. 2019.

PARSEKIAN, G. A. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. 1. Ed. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos (EdUFSCar), 2012.

PEREIRA, C. **Alvenaria Estrutural - Vantagens e Desvantagens**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-estrutural/>> acesso em: 22 mar. 2019.

_____. **Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>> acesso em: 22 mar. 2019.

_____. **O que é a tabela SINAPI?**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em <<https://www.escolaengenharia.com.br/sinapi/>> acesso em: 21 mar. 2019.

PINHEIRO, G. S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto: aspectos construtivos e pré-dimensionamento**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. São Paulo, 2007. Disponível em <http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf> acesso em: 07 set. 2019.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. 2. ed. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2003.

REBOREDO, A. R. **Dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural de blocos de concreto: comentários sobre a NBR 15961-1 (2011)**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ROCHEDO, C.S. **Estudo comparativo do dimensionamento de um edifício de alvenaria estrutural de oito pavimento: empregando blocos cerâmicos e blocos de concreto.** 2012. Monografia (Especialização em projetos de estruturas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo.

SENRA, A. J. **Planilhas Eletrônicas.** Colégio Estadual Juracy Rachel Saldanha Rocha. Curso Técnico em Administração. Paraná, 2015. Disponível em <<http://profailson.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Apostila-1-Planilhas-Eletr%C3%B4nicas-2015.pdf>> acesso 23 mar. 2019.

SILVA, J.S.; LACERDA FILHO, A.F.; DEVILLA, I. A. Aeração de grãos armazenados. *In*: SILVA, J. S. (Org.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** 2. ed. Minas Gerais: 2008. cap. 11, p. 261.

TCPOWEB. **O que é base TCPO.** Base de dados PINI. Disponível em<http://tcpoweb.pini.com.br/home/base_tcpo.html> acesso em: 24 mar. 2019.

TOTALCAD. **Entenda as principais diferenças dos softwares CAD.** TotalCAD Softwares Técnicos, 2017. Disponível em <<https://blog.totalcad.com.br/principais-diferencas-dos-softwares-cad/>> acesso em: 24 mar. 2019.