



VINICIUS FIGUEIREDO CAMILO

**AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE BOMBEAMENTO EM
PROCESSOS OPERACIONAIS DE UMA PISCINA**

**LAVRAS-MG
2022**

VINICIUS FIGUEIREDO CAMILO

**ANÁLISE DE SOLUÇÕES DE BOMBEAMENTO EM
PROCESSOS OPERACIONAIS DE UMA PISCINA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

VINICIUS FIGUEIREDO CAMILO

**AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE BOMBEAMENTO EM PROCESSOS
OPERACIONAIS DE UMA PISCINA**

**EVALUATION OF PUMPING SOLUTIONS IN OPERATIONAL
PROCESSES OF A SWIMMING POOL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 15 de setembro de 2022.

Dr. Michael Silveira Thebaldi - DRH/UFLA

MSc. Flávia Vilela Corrêa - DRH/UFLA

MSc. Karina Vilela Rodrigues - DRH/UFLA



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

Orientador

**LAVRAS-MG
2021**

RESUMO

Este estudo tem o objetivo de analisar três soluções de bombeamento e disposições hidráulicas de uma piscina. Para tal, foi necessário dimensionar os sistemas de filtragem e aquecimento com auxílio de catálogos e manuais técnicos e obter as vazões de projeto. Com base nestes dados foram levantadas as possibilidades de funcionamento e operação. Com isso, o dimensionamento partiu da relação vazão e altura manométricas. Foi utilizado a equação de equilíbrio das energias de Bernoulli e as perdas de carga foram calculadas pelo método dos comprimentos equivalentes em conjunto com a equação de Fair-Whipple-Hsiao. Depois do dimensionamento, foram levantados os materiais e equipamentos necessários para avaliar seus custos de implementação. O estudo resultou em três propostas que podem ser utilizadas como base para outros projetos de dimensões e necessidades diferentes. Na prática, todas as três foram aplicáveis, porém, a que obteve o melhor custo-benefício foi o modelo conjugado e, por isso, foi a proposta selecionada.

Palavras-chave: Dimensionamento. Instalações Hidráulicas Prediais. Viabilidade técnica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema dos aquecedores instantâneos.....	12
Figura 2 – Sistema de aquecimento caldeira mural.....	13
Figura 3 – Sistema de aquecimento de acumulação de contato direto.....	14
Figura 4 – Sistema conjugado de aquecimento.....	15
Figura 5 – Fluxograma das etapas de um orçamento.....	22
Figura 6 – Planta baixa.....	24
Figura 7 – Corte AA.....	24
Figura 8 – Corte BB.....	25
Figura 9 – Curvas características bombas NBF.....	30
Figura 10 – Detalhe 1.....	32
Figura 11 – Detalhe 3.....	32
Figura 12 – Planta de situação.....	33
Figura 13 – Corte CC.....	33
Figura 14 – Detalhe 2.....	36
Figura 15 – Detalhe 5.....	36
Figura 16 – Planta de situação 2.....	37
Figura 17 – Corte CC.....	37
Figura 18 – Detalhe 3.....	39
Figura 19 – Detalhe 6.....	39
Figura 20 – Planta de situação 3.....	40
Figura 21 – Corte CC.....	40
Figura 22 – Seleção da bomba pelo gráfico de curva característica.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo máximo de recirculação diário.....	17
Tabela 2 – Coeficiente de variação regional.....	18
Tabela 3 – Valor de compensação em caso de desvio na orientação das placas.....	19
Tabela 4 – Tabela de vazão de tubulações de aquecimento.....	19
Tabela 5 – Comprimentos equivalentes.....	29
Tabela 6 – Catálogo Nautilus.....	29
Tabela 7 – Comprimento da tubulação de filtragem.....	34
Tabela 8 – Comprimento da tubulação de filtragem.....	34
Tabela 9 – Quantitativo de peças da filtragem.....	34
Tabela 10 – Peças para o aquecimento.....	35
Tabela 11 – Comprimento da tubulação de filtragem e aquecimento.....	38
Tabela 12 – Peças necessárias para a filtragem e aquecimento.....	38
Tabela 13 – Comprimento da tubulação de filtragem.....	41
Tabela 14 – Comprimento da tubulação de aquecimento.....	41
Tabela 15 – Peças necessárias para a filtragem.....	41
Tabela 16 – Peças necessárias para o aquecimento.....	42
Tabela 17 – Altura e vazão.....	43
Tabela 18 – Valores de tubulações.....	44
Tabela 19 – Valores de equipamentos.....	44
Tabela 20 – Equipamentos de aquecimento.....	44
Tabela 21 – Valor total do material hidráulico.....	45
Tabela 22 – Valores de válvulas solenoite.....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	05
2. OBJETIVO GERAL.....	06
2.1 Objetivos específicos.....	06
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	07
3.1 Operações que utilizam o bombeamento em piscinas.....	07
3.1.1 Filtração.....	07
3.1.2 Aquecimento.....	10
3.2 Dimensionamento e seleção de componentes de sistemas de bombeamento.....	16
3.3 Análise econômica aplicada à engenharia.....	21
3.3.1 Custos e orçamentos na construção civil.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 Levantamento de dados.....	25
4.1.1 Dimensão da piscina.....	25
4.1.2 Cálculo da vazão requerida do filtro.....	26
4.1.3 Cálculo da quantidade de placas do sistema de aquecimento.....	26
4.1.4 Cálculo da altura manométrica do sistema.....	27
4.1.5 Análise e seleção de motobombas.....	29
4.1.6 Verificação de escoamento.....	30
4.2 Possibilidades de funcionamento.....	31
4.2.1 Sistemas independentes.....	31
4.2.2 Sistemas conjugados.....	35
4.2.3 Sistemas semi-conjugados.....	38
4.3 Custos de implementação.....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
6 CONCLUSÃO.....	48
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

As piscinas sempre foram recorrentes nas residências do Brasil, já que a prática da natação é uma forma de lazer interessante, pois o país possui um clima quente durante boa parte do ano. Para manter este lazer é fundamental possuir um processo de filtragem adequado para manter a água em padrões aceitáveis de utilização evitando riscos à saúde e desperdício excessivo de água. O processo ocorre com a recirculação da água feita por uma motobomba e o fluido passa por um filtro comumente ou areia ou zeólita capaz de reter parte das impurezas e organismos patogênicos.

Considerando a possibilidade de ampliar a faixa de utilização das piscinas a utilização de aquecedores vem crescendo no mercado para otimizar a sua utilização em estações com climas mais amenos. Para isso, atualmente o mercado apresenta algumas possibilidades para este tipo de aquecimento, podendo ser instalado desde o início do projeto na qual podem ser feitos por meio de aquecedores a gás, elétricos ou solares.

Considerando o cenário atual em que crises energéticas são mencionadas com frequência e a sociedade vem se adaptando a uma nova proposta renovável e inesgotável, a energia solar.

Tratando de uma prática recente, nota-se certa falta de conhecimento técnico dos profissionais projetistas e executores quanto aos critérios de bombeamento de piscinas atribuindo métodos e sistemas inadequados proposito.

Enfim, o propósito deste estudo é analisar as possibilidades de implantação de uma piscina em Coqueiral-MG com ambos os sistemas mencionados acima com o intuito de determinar a possibilidade de uso com maior viabilidade.

2. OBJETIVO GERAL

Analisar as possíveis soluções de bombeamento para os processos operacionais a serem realizados em uma piscina.

2.1 Objetivos específicos

- Dimensionar o sistema de filtragem com base na ABNT NBR 10386:1988 e com o auxílio de catálogos de fabricantes;
- Dimensionar o sistema de aquecimento da piscina estudada;
- Analisar as possíveis possibilidades de funcionamento do sistema de bombeamento, e realizar seu dimensionamento.
- Verificar a forma mais viável, de forma técnica e econômica, para o funcionamento do sistema de bombeamento da piscina estudada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Operações que utilizam o bombeamento em piscinas

3.1.1 Filtração

O tratamento de águas foi realizado na Escócia, em 1804, quando John Gibb desenvolveu o primeiro filtro lento para tratamento de água voltada para o consumo humano (RICHTER, 2009). Esse modelo de filtro lento de areia voltou a ser utilizado em Londres, em 1828, com objetivo de atender ao abastecimento público de água (RICHTER, 2009). Como menciona Santos et al. (2021, p.122), “os primeiros filtros tinham como finalidade somente a redução da turbidez através dos mecanismos físicos de retenção de partículas”.

No caso inglês, a aplicação foi tão bem-sucedida que passou a ser obrigatória, em 1952 (RICHTER, 2009). Em 1892, devido a um grande número de infecções por cólera, também se constatou que a filtração lenta contribuía para remover bactérias patogênicas (SANTOS et al., 2021). Richter (2009) pontua que outras regiões adotaram o método, e destaca o caso da Alemanha e a relevância da filtração em face do surto de cólera:

Hamburgo e Altona são duas cidades, formando um único conjunto urbano, à margem do e abastecidas pelo rio Elba. Durante a epidemia de cólera, Altona, que possuía filtros lentos, não registrou casos dessa doença, enquanto Hamburgo, que não tinha instalações de filtrações, registrou 8.000 mortes (RICHTER, 2009, p.254).

Estes fatores mostram que a filtração é técnica desenvolvida há tempos, cuja aplicação é importante para o desenvolvimento e bem-estar da sociedade. Segundo Richter (2009, p.254), a filtração “é, provavelmente, o processo unitário mais importante na cadeia de processos de tratamento de água”. O autor define a filtração como “processo físico-químico e, em alguns casos, biológico (filtros lentos) para a separação de impurezas em suspensão na água, mediante sua passagem por um meio poroso” (RICHTER, 2009, p.254). Portanto, seu objetivo é clarificar a água eliminando matérias em suspensão (RICHTER, 2009).

Desse modo, a filtração pode ser um processo único, a exemplo da filtração lenta, ou poder ser antecedido pela coágulo-floculação, hipótese da filtração lenta (RICHTER,

2009). Os filtros são classificados em lentos e rápidos, e o que os distingue é a taxa que operam e o método de limpeza, assim:

Os filtros rápidos operam a taxas superiores a 40 vezes a taxa com que operam os filtros lentos, e frequentemente limpos por lavagem a água a contracorrente, em uma operação rápida de limpeza (alguns minutos). Os filtros lentos são limpos com menor frequência, por remoção geralmente manual da camada superior do leito, onde se acumulam as impurezas, em operação que pode durar muitas horas (RICHTER, 2009, p.254).

Assim, como descreve Santos (2009) a filtração lenta convencional É realizada pela passagem da água através de um meio filtrante granular, sendo o mais comum a areia, “deixando retido nos poros desse filtrante o material em suspensão presente na água bruta” (SANTOS et al., 2009, p.122). Outros materiais granulares podem ser utilizados nesse processo como meio poroso, como: carvão ativado granular, antracito, areia de granada e outros (RICHTER, 2009).

De acordo com Richter (2009), a dimensão dos grãos e o os poros devem ser considerados na filtração, dada a influência desses fatores na retirada de matéria em suspensão por filtro. Com menciona Nascimento et al. (2012), a filtração lenta é considerada como a mais adequada para o tratamento de água, especialmente quando se trata de pequenas comunidades, porque sua construção é simples, assim como o uso e manutenção, o que a torna acessível e de baixo custo.

Com o passar do tempo, os métodos de filtração tornaram-se mais complexos, devido a problemas como poluição da água, contaminações por produtos químicos específicos, existência de bactérias patogênicas antes não identificadas, desenvolvimento agrícola e industrial. Então, para ser destinada ao consumo humano, a água precisou passar por processos mais apurados e específicos de filtração (VERAS; BERNARDO, 2008).

Um exemplo é a filtração em múltiplas etapas, conveniente por “remover o material maior e mais pesado, e gradualmente separar e inativar impurezas menores, como material coloidal e microrganismos” (VERAS; BERNARDO, 2008, p.109). Nesse processo, o fluido em tratamento é submetido à várias etapas, principalmente se houver impurezas de tamanhos distintos (VERAS; BERNARDO, 2008). O processo de tratamento deve conter, ao menos, duas etapas. A primeira denominada pré-filtro é responsável por remover impurezas maiores; após, há o processo de remoção de partículas menores e microrganismos, em que a água passa por um meio filtrante como

a areia, concluindo o processo chamado de múltiplas barreiras (VERAS; BERNARDO, 2008, p.109).

Em relação a filtração aplicada às piscinas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT - prevê diretrizes específicas. Segundo a NBR 9819 (ABNT, 1987, p.1), a piscina é “o conjunto de instalações destinadas às atividades aquáticas, compreendendo o tanque e demais componentes relacionados com o seu uso e funcionamento”. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2009), o tratamento de água da piscina tem por objetivo assegurar a qualidade estética — cristalinidade, ausência de resíduos e odores inapropriados — e a qualidade sanitária, mantendo-a saudável para a saúde daqueles que a usam e outras pessoas.

Para permitir que esses dois objetivos sejam alcançados, faz-se necessário considerar a filtração, enquanto processo vinculado ao elemento estético e sanitário mencionado (CHAVES, 1984). Os filtros utilizados no tratamento de piscinas compreendem o de pressão, os quais utilizam a areia como meio poroso; os filtros de gravidade, baseados na filtragem rápida, e de diatomita (CHAVES, 1984). De acordo com a ANVISA (2009), três fases compõem o tratamento de água desses ambientes, quais sejam:

1ª - Tratamento Físico – por meio da limpeza física da água, com a remoção de sujeira visível (filtração, aspiração, peneiramento e escovação); 2ª - Controle de pH e Cloro Livre – mediante a utilização de kit de teste próprio, que indica se a água está ácida (pH menor do que 7), neutra (pH igual a 7) ou básica (pH maior que 7); 3ª - Desinfecção da água – por meio da colocação de produtos que combatam e destruam os microrganismos nocivos à saúde, tais como bactérias, vírus, protozoários, vermes, fungos, algas, etc. (ANVISA, 2009, p. 11).

Já a NBR 10339 (ABNT, 1988, p.2), que dispõe sobre projeto e execução de piscina, menciona as características dos filtros de areias, os quais para fins de avaliação, devem operar conforme instruções do fabricante e “ser capazes de reduzir a turbidez da água a valores abaixo de 0,5 NTU, independentemente do número de recirculações” (ABNT, 1988, p.2).

Essa norma prevê, ainda, que o meio filtrante de areia sílica aplicado para a filtragem de piscinas deve ser livre de matéria orgânica terra e carbonatos, não gerem toxinas nem transmitam odor, sabor ou coloração à piscina. Também devem ter a dimensão de 0,40 a 0,55mm e uniformidade inferior a 1,75 (ABNT, 1988, p.2).

A supracitada norma também ressalta que filtros convencionais devem operar com taxa máxima de filtração de 180 m³/(m². dia), sendo que todos os itens que compõem os filtros devem estar acessíveis, visando assegurar a inspeção e substituição, se for o caso (ABNT, 1998). Os filtros, segundo essa normativa, devem passar por limpezas periódicas capazes de restabelecer a perda de carga resultante do amontoamento de matérias decorrentes da filtração da água da piscina (ABNT, 1988, p.2).

3.1.2 Aquecimento

O aquecimento da água e o controle térmico são processos relevantes para o uso das piscinas, dada a necessidade de assegurar conforto térmico para os usuários e, até mesmo, viabilizar o uso, dada a temperatura de determinadas regiões e a prática de atividades esportivas, por exemplo. Ademais, determinar o sistema de aquecimento de água passa pela verificação do consumo esperado de energia, o que afeta questões de sustentabilidade, principalmente num país como o Brasil, cuja matriz energética dominante é a hidroelétrica (BIASI et al., 2017). A esse respeito, cabe considerar que devido a aspectos econômicos e ambientais:

(...) a disponibilidade de recursos naturais impôs nos últimos anos a alteração de nossa matriz energética para a produção de eletricidade, promovendo o crescimento mais acentuado da termoeletricidade em detrimento ao da hidroeletricidade. Esta nova realidade exige - seja pela oferta de fontes de energia primária ou pela eficiência na cadeia da sua transformação em energia útil - reflexão a respeito do modo de obtenção de calor (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.7).

Esses fatores se tornam ainda mais relevante em face do previsto aumento da demanda por energia elétrica superior à oferta, o que desperta preocupação e iniciativas visando compatibilizar aquecimento de água, conforto térmico e uso sustentável (BIASI et al., 2017). Assim, para determinar o sistema de aquecimento de água a ser utilizado, há que se considerar, ao menos, os seguintes aspectos: custo de operação, atendimento ao perfil de consumo e custo de implantação (LAFAY, 2005).

Em relação ao curso de implantação, os sistemas elétricos são os que apresentam menor custo, seguidos dos sistemas a gás e, por último, o aquecimento a energia solar (LAFAY, 2005). O custo de operação pode ser analisado pelo combustível utilizado, a

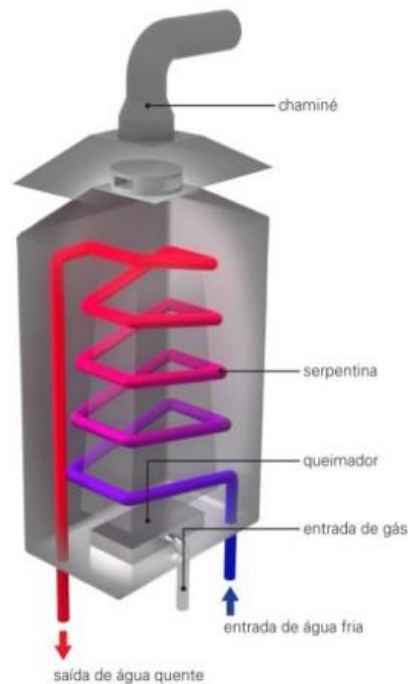
ser definido pela região de aplicação. Já o perfil de consumo está relacionado ao público o qual o sistema se direciona, se o aquecimento é residencial, público, direcionado às práticas desportivas específicas, regiões de climas extremos, intensidade do uso e outros aspectos (LAFAY, 2005).

Os sistemas de aquecimento de água a gás natural permitem uma diversidade de aplicações no dia a dia, como aquecimento de água para residências, saunas e piscinas. Existem diversos tipos de aparelhos no mercado que podem ser categorizados em tipo de transmissão, indireto ou direto, e quanto ao tipo de funcionamento, acumulação ou instantâneo. São pelos menos quatro sistemas de aquecimento de água, quais sejam: aquecedor de passagem, caldeira mural e piso, aquecedor de acumulação e sistema conjugado (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011).

O aquecedor de passagem a gás é denominado também como aquecedor instantâneo, e são “aparelhos compactos que aquecem a água no instante em que existe uma solicitação de demanda nos pontos de consumo” (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.9). Geralmente, esse modelo é composto por um compartimento direcionado ao aquecimento, em que há “um queimador que permite a combustão adequada do gás natural, e um trocador de calor que transfere o calor gerado pela queima para a água de consumo” (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.9).

A proposta desse sistema de aquecimento visa eficiência e uma melhor dispersão dos gases queimados para a parte externa da edificação em questão. Os sistemas auxiliares inseridos nesse modelo de aquecedor possibilitam não só eficiência, como também o controle da operação (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011). Um esquema de aquecedor instantâneo pode ser visto na Figura 1:

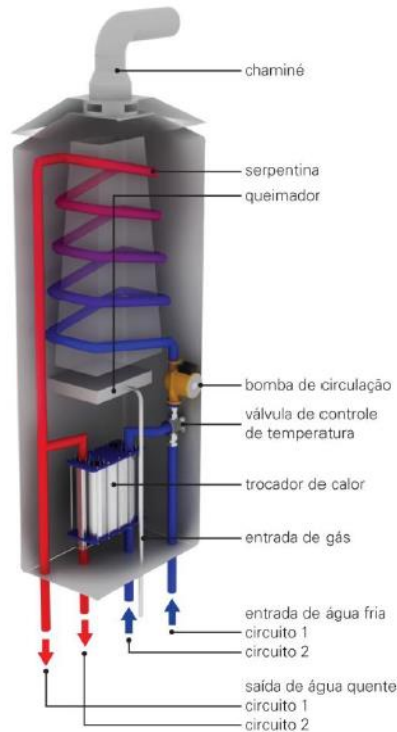
Figura 1 — Esquema dos aquecedores instantâneos



Fonte: COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.9.

Outra modalidade são as caldeiras, que permitem agregar diferentes aplicações, podendo ser instalados tanto na parede — semelhante aos aquecedores instantâneos — , quanto sobre o piso (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011). Trata-se de um sistema complexo, cujos usos simultâneos podem “estar associados a um ou mais sistemas independentes de aquecimento de água, que podem ser destinados a aplicações distintas, com circuitos de temperaturas e características de funcionamento específicas” (SANTOS, 2019, p.31). A figura abaixo demonstra a composição desse sistema:

Figura 2 — Sistema de aquecimento caldeira mural

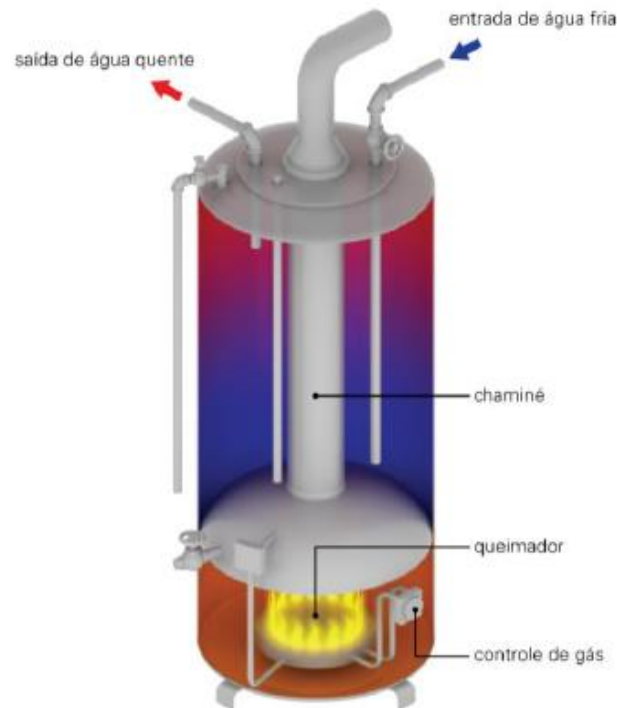


Fonte: COMGAS NATURAL; ABR3INSTAL, 2011, p.10.

O terceiro tipo é o aquecedor de acumulação, composto por um reservatório isolado contendo água e um sistema de aquecimento que mantém o volume de água aquecido e controlado por termostatos (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011). Importante destacar que nesse sistema há isolamento térmico, de modo que as transmissões do calor da água quente são diminuídas (SANTOS, 2019). O material mais utilizado para esse sistema é o aço, e os aquecedores são classificados em dois tipos, de acordo com a transferência de calor, sendo diretos ou indiretos:

O sistema de aquecimento é considerado “direto” quando o meio de aquecimento, no caso a fonte de calor, entra em contato direto com a superfície que está em contato com a água de consumo. O aquecedor de acumulação de contato direto é constituído basicamente de um reservatório aquecido por um queimador localizado na parte inferior, que tem por finalidade aquecer a água armazenada (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.11). Um aquecedor de acumulação de contato direto é apresentado na Figura 3, o qual tem menor durabilidade que o sistema de aquecimento indireto. Isso se deve devido ao contato com a superfície do reservatório.

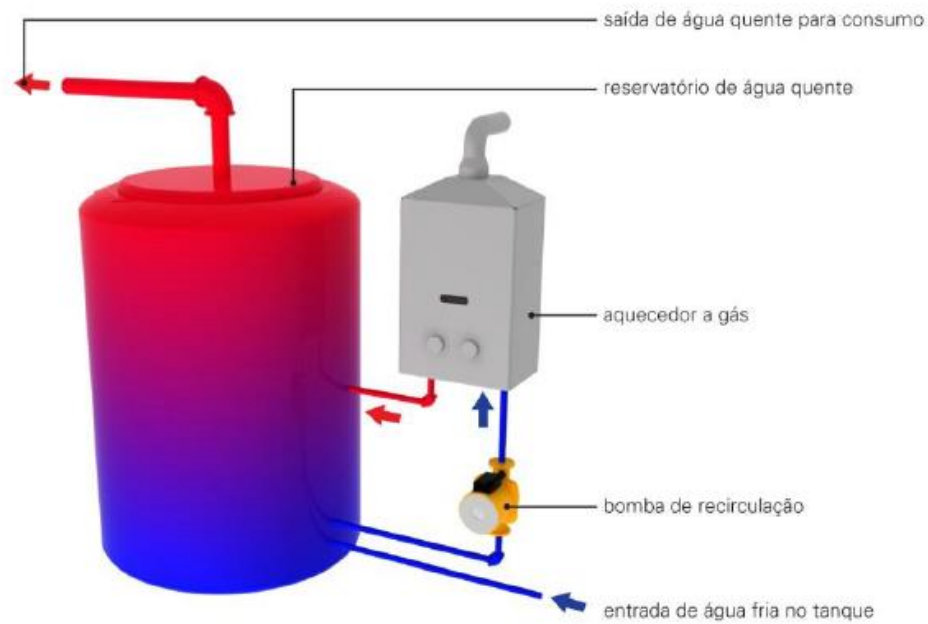
Figura 3 — Sistema de aquecimento de acumulação de contato direto



Fonte: COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.11.

No caso do indireto, não há contato com o reservatório de água, sendo que para aquecer esse recipiente utiliza-se “um fluido intermediário, podendo ser água (não a de uso), óleo ou outro fluido, que é responsável pela transferência de calor” (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.11). O queimador que integra o aquecedor é responsável por manter a temperatura do fluido, que troca calor com água (SANTOS, 2019). Por fim, o sistema conjugado de aquecimento é constituído por pelo menos um aquecedor de passagem, direcionado ao aquecimento da água, e um reservatório para depósito de água aquecida (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011). A composição do sistema conjugado de aquecimento pode ser vista na Figura 4:

Figura 4 — Sistema conjugado de aquecimento



Fonte: COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011, p.12.

O sistema conjugado opera de forma semelhante aos aquecedores de acumulação, na medida que há manutenção de água quente armazenada, disponível para consumo. Nesse sistema, há possibilidade de modificar a potência por meio da troca dos aquecedores, o que auxilia na durabilidade do sistema, pois, a potência pode ser reajustada a depender da necessidade dos usuários (COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011).

Por se tratar de sistemas a base de gás natural, deve-se observar que essa é uma fonte de energia fóssil, obtida pela degradação de matéria orgânica, fósseis de animais e outros. É extraído por meio de perfurações na região, sendo que as taxas de emissão de gases do efeito estufa são menores que o petróleo e o carvão (CARVALHO; VANDRAMETTO, 2022).

Ainda assim, dada a necessidade de diversificação da matriz energética e da adoção de um modelo de transição, o gás natural tornou-se uma opção para muitos países (GUTIERREZ, 2022). Essa proposta reduz a dependência em relação às usinas hidroelétricas, como no Brasil, aposta menos em fontes com alta emissão dióxido de carbono (CARVALHO; VANDRAMETTO, 2022).

Nos últimos 30 anos, a utilização de gás natural aumentou significativamente, representando “24,2% da energia primária total e 21% das emissões de gases de efeito

estufa enquanto, no Brasil, a sua participação ainda se situa em um mero valor de 12,2% da matriz energética brasileira” (GUTIERREZ, 2022, p.7).

No caso brasileiro, o papel do gás natural na matriz energética foi intensificado em virtude de problemas hidrológicos, que afetaram a geração por hidroeletricidade. Essa situação culminou na criação do Programa Prioritário de Termoeletricas (PPT), aumentando a demanda das termoeletricas por gás natural (GUTIERREZ, 2022, p.7), o que elevou o custo e reduziu a disponibilidade no mercado.

Assim, considerando aspectos econômicos e ambientais, os sistemas baseados na energia Solar, por exemplo, são apontados como mais eficientes de compatibilizar conforto térmico com uso sustentável (CARVALHO; VANDRAMETTO, 2022). Esse fator é relevante quando se compara com os sistemas de aquecimento a gás natural mencionados anteriormente.

A energia Solar ainda é uma fonte energética mais limpa, na medida em que inexistente liberação direta de gases do efeito estufa, o que alça os sistemas de aquecimento baseados na radiação solar como prioritário — quando o aspecto a ser considerado é a dimensão da preservação ambiental (CARVALHO; VANDRAMETTO, 2022). Em função disso, este estudo se direciona para sistemas de aquecimento baseados nessa modalidade — como coletores de calor — de modo que as demais são complementares (CARVALHO; VANDRAMETTO, 2022).

Quanto ao aquecimento, a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a temperatura para piscinas comuns para natação seja em torno de 25 a 28° (GONÇALVES, 2020). Conforme o Manual de instrução e instalação do aquecedor solar de piscina da Heliopool (HELIOTEK, 2016), os processos de aquecimento disponíveis do mercado disponibilizam um aumento de até 5 graus acima da temperatura ambiente da água local, assim, mediante o uso do aquecimento, a utilização da piscina pode ser estendida.

3.2 Dimensionamento e seleção de componentes de sistemas de bombeamento

O Manual de instrução e instalação do aquecedor solar de piscina da Heliopool (HELIOTEK, 2016), indica a instalação dos sistemas de aquecimento conjunto ao de filtragem, aproveitando muitas vezes o sistema já existente. O inconveniente desta disposição seria a baixa capacidade da moto bomba de filtragem, sendo que para a adaptação funcionar, a motobomba deve ser dimensionada a partir do aquecimento,

consequentemente os tempos especificados de filtragem podem ser extrapolados (HELIOTEK, 2016).

Para o dimensionamento do tempo de filtragem, a norma NBR 10.339 da ABNT (1988) recomenda que o volume total da piscina seja recirculado diariamente. Segundo essa norma, há um tempo máximo proposto para este processo, que leva em conta a profundidade e a classe de utilização da piscina apresentado na Tabela a seguir:

Tabela 1 — Tempo máximo de recirculação diário.

Profundidade do tanque (m)	Classe de piscinas	
	Públicas, coletivas, de hospedarias, residenciais coletivas.	Residenciais privativas
Profundidade máxima $\leq 0,60\text{m}$	2 h	6 h
Profundidade mínima inferior a 0,60 m e profundidade máxima superior a 0,60 m	4 h	6 h
Profundidade mínima entre 0,60 m e 1,80m	6 h	8 h
Profundidade mínima superior a 1,80 m	8 h	12 h

Fonte: ABNT, 1987.

A filtragem “depende da qualidade da água. Aquecimento depende da temperatura da água” (HELIOTEK, 2016), portanto, o seu controlador diferencial de temperatura acionará o sistema só com a incidência dos raios solares em busca de atingir as temperaturas pré-determinadas.

Quando ao dimensionamento do aquecimento solar, conforme o Manual técnico de instalação e uso de aquecedor solar de piscina da Veico (2019), deve-se considerar a utilização da piscina e onde serão instaladas, como: “piscinas residenciais clubes e academias a temperatura ideal fica entre 28°C e 32°C; piscinas para treinamento e competição 28°C; piscinas para tratamento fisioterápico entre 33°C e 35°C”. (VEICO, 2019, p.3). E é dimensionado segundo a Komeco (2021) a partir da superfície da piscina e do aumento da temperatura pretendido, assim, o dimensionamento pode ser realizado por meio da Equação 1:

$$Q_c = \frac{A_p \cdot C_f}{A_c} \quad (1)$$

Q_c = Quantidade de coletores;

A_p = Área da piscina (m²);

C_f = Coeficiente da região;

A_c = Área de coletor usada (m²).

Onde a área do aquecimento segue os parâmetros da equação 2:

$$A_q = Q_c \cdot A_c \quad (2)$$

A_q = Área de placas de aquecimento.

O coeficiente de região varia com as características da piscina como: estar em ambiente fechado ou aberto a temperatura pretendida de aquecimento e o clima da região local, destelhados na Tabela a seguir.

Tabela 2 — Coeficiente de variação regional.

Temperatura	Muito quente		Quente		Frio		Muito frio	
	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta
28°C a 30°C	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	1,10	1,20	1,30
30°C a 32°C	0,80	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20	1,30
32°C a 34°C	1,20	1,30	1,30	1,40	1,30	1,50	1,60	1,70
Referencias	Cuiabá, Campo Grande, Fortaleza, Recife.		Belo Horizonte, Birigui, Rio de janeiro, Uberaba.		São Paulo, Florianópolis, Poços de caldas.		Campos do Jordão, Curitiba, Serra Gaúcha	

Fonte: KOMECO, 2021, p.9

As placas devem ser orientadas no sentido favorável à incidência solar caso contrário recomenda-se um percentual de compensação para as áreas de coletores em casos de desvio na orientação apresentado na Tabela 3:

Tabela 3 — Valor de compensação em caso de desvio na orientação das placas

Orientação	Compensação
Norte Geográfico	Ideal
Desvio de 45°	15%
Desvio de 90°	25%

Fonte: Fonte: KOMECO, 2021, p.9

A Komeco (2021) também fornece uma Tabela de pré-dimensionamento quanto à tubulação, seguem diretrizes apresentadas na Tabela 4:

Tabela 4 — Tabela de vazão de tubulações de aquecimento.

Diâmetro (mm)	Vazão (m³x hora)
25	2,80
32	5,80
40	9,00
50	14,40
60	17,30
75	28,40
80	43,20

Fonte: KOMECO, 2021, p.17

As responsáveis pela recirculação destes sistemas são as motobombas que operam transferindo “energia ao fluido, ou seja, recebem energia mecânica (força motriz de um motor ou turbina)” (SILVA, 2013, p.79), sendo que a partir desse processo transformam “parte desta potência em energia cinética e energia de pressão (força), cedendo estas duas energias ao fluido bombeado, de forma a recirculá-lo ou transportá-lo de um ponto a outro” (SILVA, 2013, p.79).

O seu uso se dá devido a necessidade de elevar a pressão, ou a velocidade de escoamento ou ambas. Dentre os tipos de bomba tem-se a de sucção positiva, em que o eixo da bomba está acima do nível d’água do reservatório de sucção; e a bomba de sucção negativa, na qual o nível do líquido no reservatório de sucção está abaixo do eixo da bomba (SILVA, 2013, p.87).

É comum a instalação de motobombas para trabalharem com sucção negativa, entretanto, segundo a Astralpool (2022), a instalação acima do nível da piscina pode ocorrer “desde que na primeira operação seja colocada água em seu pré-filtro” (ASTRALPOOL, 2022, p.3), sendo que nessas situações, “a utilização de uma válvula de retenção antes do pré-filtro, com o objetivo de reter a água em seu interior” (ASTRALPOOL, 2022, p.3).

Segundo o Manual de instalação, operação e manutenção da Nautilus (2021), as motobombas “são normalmente utilizadas em conjunto com os filtros de areia ou zeólita para piscinas”. A ABNT (1988, p.36) destaca na NR 1039 que “a altura total de elevação da bomba de recirculação deve ser superior à perda de carga máxima do sistema”.

Para identificarmos a bomba adequada, devemos conhecer suas características. O gráfico altura manométrica x vazão é de suma importância para obter essas informações (PREUSS, 2013). Desse modo, através da curva do gráfico “podemos saber para cada vazão, qual carga a bomba poderá fornecer. Essa curva é uma das chamadas Curvas Características da bomba” (PREUSS, 2013, p.5).

Assim o dispositivo de retorno, cuja finalidade é permitir o retorno da água filtrada à piscina, sendo que “a água deve ser recolocada no tanque de maneira a facilitar a captação da sujeira remanescente pelos skimmers e drenos” (FONSECA, 2018, p.25). Conforme a NBR 10339 (ABNT, 1988), o número de dispositivos de retorno é definido pelo maior dos seguintes parâmetros: “1 bocal para cada 50 m² de superfície de água; 1 bocal para cada 50 m³ de água” (FONSECA, 2018, p.25).

O mínimo de velocidade nos bocais é de 3 m/s, sendo que deve haver a possibilidade de regulação da vazão através do bocal de retorno, o que ocorre por registros ou substituição da parte vazada (FONSECA, 2018). A mesma NBR 10339 (ABNT, 1988) estabelece que “os ralos de fundo devem ser cobertos por grades ou tampas com aberturas de no máximo 10 mm, de forma a evitar a obstrução por objetos e permitir sua remoção por meio de ferramentas adequadas” (FONSECA, 2018, p.26). Além disso, a velocidade recomendada da água não deve ultrapassar 0,6 m/s, e a forma da tampa “deve ser tal que a formação de vórtices seja evitada (...) e é necessário no mínimo um dreno de fundo na parte mais profunda do tanque” (FONSECA, 2018, p.26).

Quanto as tubulações, a NBR 10339 (ABNT, 1988) prevê a necessidade de dimensionamento com base nas vazões estabelecidas para “cada trecho do conjunto de sucção e do conjunto de recalque” (ABNT, 1988, p.27). Segundo essa norma, as

velocidades máximas são de 1,8 m/s, nos conjuntos de sucção; e de 3,0 m/s nos conjuntos recalque (ABNT, 1988).

Em relação aos bocais de aspiração, a NBR 10339 (ABNT, 1988) fixa três requisitos. O primeiro estabelece que os referidos bocais devem permitir a aspiração de impurezas do fundo através de mangueira e aspirador; o segundo fixa que os bocais devem ser distribuídos considerando que “as partes do interior do tanque sejam alcançadas pelo aspirador (...) devem ser instalados de 20 cm a 40 cm abaixo do nível da água” (ABNT, 1988, p.38). Por fim, deve-se instalar “tampão com fechamento automático, de forma a proporcionar segurança aos banhistas” (ABNT, 1988, p.38).

3.3 Análise econômica aplicada à engenharia

3.3.1 Custos e orçamentos na construção civil

Um orçamento diz respeito a uma projeção de despesas, antecipadas de diferentes maneiras e com diferentes profissionais da área, procurando a previsão dos custos com maior precisão possível (SILVA et al., 2015). De acordo com Silva et. al. (2015, p.65), alguns tipos de orçamento são os seguintes:

Estimativa de Custos: Como o próprio nome sugere, este é um tipo de orçamento mais simples, utilizado quando se deseja obter dados mais rapidamente, nele são considerados dados técnicos, como por exemplo o lugar da construção e preço unitário por metro quadrado.

Orçamento Preliminar: Este é um orçamento que leva mais detalhes em consideração, já sendo necessário a pesquisa de quantidades e valores. Dessa forma, oferece maior assertividade comparado ao anterior.

Orçamento Analítico: Buscando a melhor previsão dos custos possível, esse orçamento pesquisa os gastos com matéria prima e toda composição dos custos de forma completa, gerando uma pequena margem de incerteza.

Orçamento Sintético: Esse orçamento leva em consideração o orçamento analítico para resumir o valor dos serviços e o valor final (SILVA et al., 2015, p.65).

Realizar este trabalho tem um papel imprescindível quando se refere às decisões através da análise de viabilidade dos gastos e dados de lucratividade do serviço prestado (TISAKA, 2006). De acordo com a Tabela de Precificação Orçamentária - TCPO

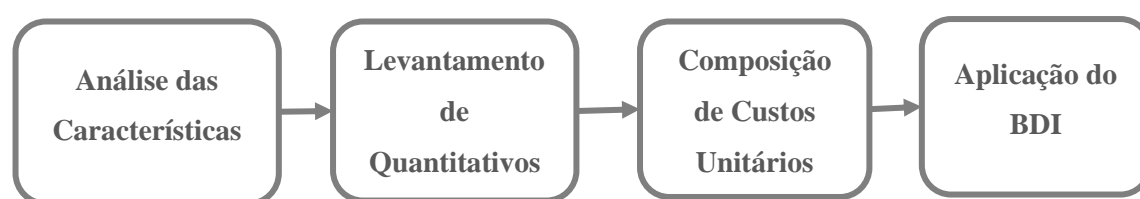
(2008), o orçamento utiliza os detalhamentos prévios realizados pelo especialista encarregado e os projetos como base, sendo responsável por listar os serviços e suas respectivas etapas a serem executadas (TISAKA, 2006).

É com base nas Tabelas de Composição de Preços, e nesses valores anteriormente estipulados, que é possível determinar a quantidade de materiais e mão de obra de cada etapa (TISAKA, 2006). Depois da pesquisa desses valores, o custo é determinado em relação à mão de obra empregada e aos materiais de construção utilizados, o que pode ser encontrado na SINAPI-Sistema Nacional de Estudo de Custos e Indicadores da Engenharia Civil (TISAKA, 2006).

Tisaka (2006) destaca que os custos podem possuir a classificação de “diretos” ou “indiretos”, e representam o valor total gasto nos insumos necessários na realização do negócio. Os custos indiretos são aqueles que não farão parte direta da construção, por exemplo, custos com trabalhos administrativos, impostos, documentos e taxas (TISAKA, 2006). Por sua vez, os custos diretos estão diretamente relacionados à construção, como: equipamentos, materiais, ferramentas e funcionários contratados em todas as etapas (TISAKA, 2006).

De acordo com Silva et. al. (2015), o orçamento inclui as etapas citadas na Figura a seguir:

Figura 5 — Fluxograma das etapas de um orçamento



Fonte: SILVA et al., 2015, p.62

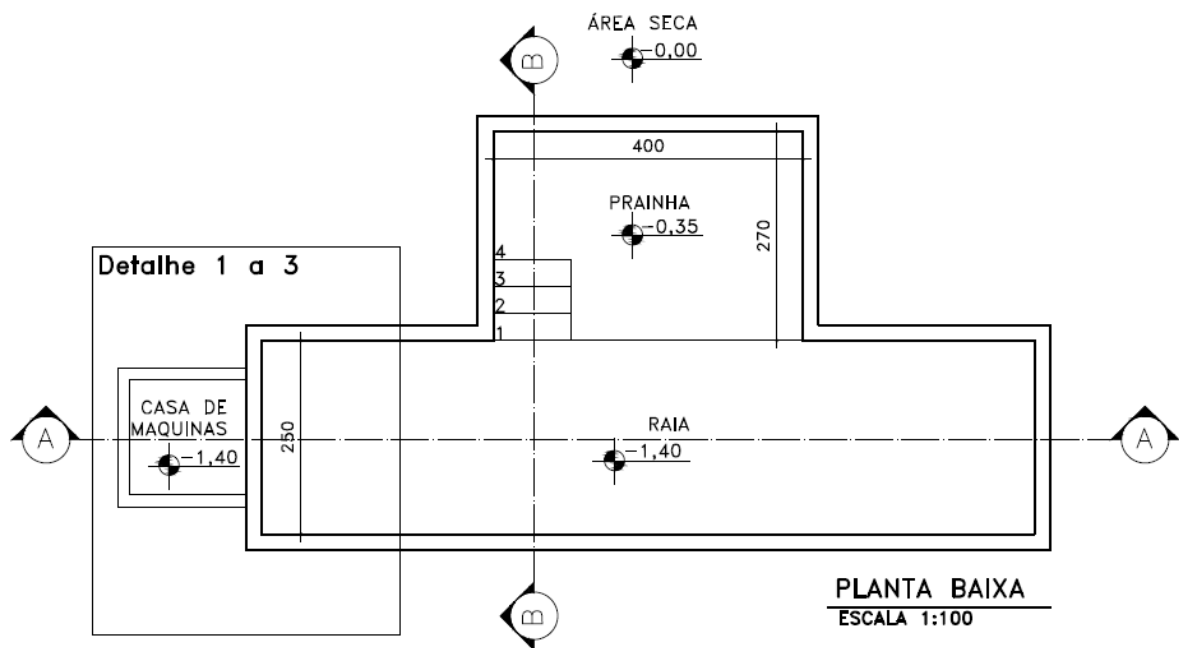
Em primeiro lugar, a "análise das características" analisa os itens do projeto final e as divergências encontradas em especificações pertinentes (SILVA et al, 2015). O levantamento de quantitativos dá enfoque aos insumos e serviços necessários no serviço; a composição de custos unitário, como o nome já indica, refere-se unitariamente ao custo de cada atividade, insumo e serviço, considerando os indicadores de produtividade da mão de obra para cada etapa de trabalho (SILVA et al, 2015). Por fim, a aplicação das bonificações e despesas indiretas (BDI) é uma taxa que pode ser somada na etapa

anterior ou no custo de orçamento final, e é obtida de forma equivalente ao lucro e as despesas indiretas (SILVA et al., 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

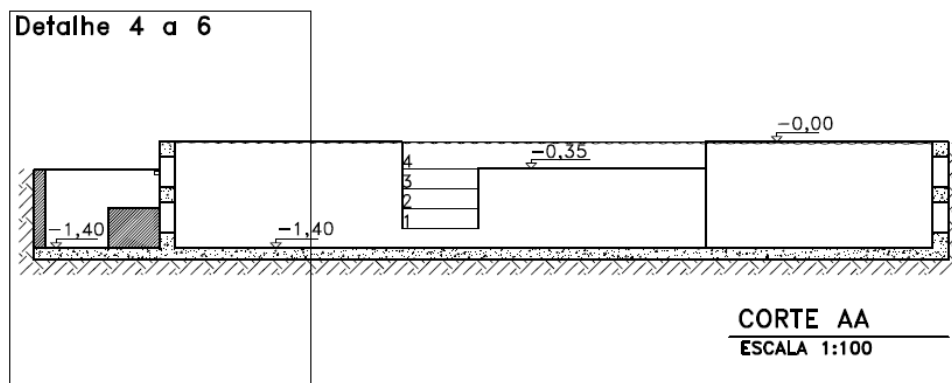
O projeto teve como base um protótipo de piscina residencial privada feita em alvenaria e revestida com pastilhas. Está situado no município de Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. As dimensões estão apresentadas na figura 6.

Figura 6 — Planta baixa.



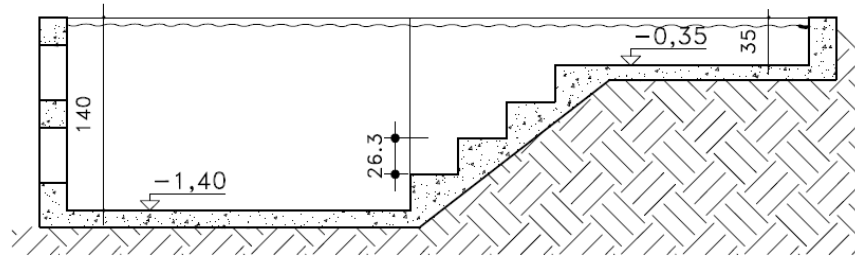
Fonte: O autor, 2022.

Figura 7 — Corte AA.



Fonte: O autor, 2022.

Figura 8 — Corte BB



CORTE BB
ESCALA 1:50

Fonte: O autor, 2022.

4.1 Levantamento de dados

4.1.1 Dimensões da piscina

Com base nas dimensões apresentadas nas figuras 8 e 9 é possível obter o volume total da piscina conforme na equação 3 e 4:

$$A = C \cdot L \quad (3)$$

$$V = A \cdot P \quad (4)$$

Onde:

A = Área superficial da piscina (m^2)

V = Volume do corpo analisado (m^3);

C = Comprimento do corpo analisado (m);

L = Largura do corpo analisado (m);

P = Profundidade do corpo analisado (m).

4.1.2 Cálculo da vazão requerida do filtro

A vazão da bomba foi mensurada a partir da premissa de que o volume de água da piscina precisa ser totalmente filtrado diariamente, portanto, em 24 horas toda a água do montante deve passar pelo equipamento. No entanto, foi apresentado pela norma NBR 10338 (ABNT, 1988) que as modalidades de piscinas possuem um tempo limite de funcionamento diário. Assim, obteve-se a partir da relação entre volume e tempo máximo da devida categoria a seguinte equação de vazão (4):

$$Q = \frac{V}{t_{max}} \quad (5)$$

Q = Vazão necessária da bomba (m^3/s);

V = Volume do corpo analisado (m^3);

t_{max} = Tempo máximo de recirculação (h).

Conforme a NBR 10338 (ABNT, 1988), os valores do volume do corpo foram obtidos pela equação 3 e o tempo máximo de recirculação foi deduzido na Tabela 1.

4.1.3 Cálculo da quantidade de placas do sistema de aquecimento

Dentre os sistemas de aquecimento existentes optou-se pelo aquecimento por sistema solar. A energia advinda do calor do sol é renovável e altamente produtiva, apesar dos altos custos de implementação suas vantagens a longo prazo foram decisivas, além da localização do projeto ser favorável pela incidência solar constante.

Elas foram locadas em suportes no chão viradas para o norte geográfico dispensando fator de ponderação por desvio. Seguiu-se as referências propostas na Tabela 2. O coeficiente foi determinado levando em consideração uma piscina feita em ambiente aberto e em uma região de clima tipicamente frio a fins de elevar a temperatura a um valor entre 28 e 30 °C.

Os valores base foram obtidos pela equação 3. Assim definidos, foi possível calcular a área de aquecimento e o número de coletores necessários para o sistema.

Segundo o manual de instalação da KOMECO (2021), as vazões requeridas pela bomba devem seguir as proporções de 200 a 250 litros/h/m² por metro quadrado de aquecimento, sendo assim, o cálculo ficou como apresentado na equação 6:

$$Q = \frac{225 \text{ l}}{h} \cdot m_{aq}^2 \quad (6)$$

l = Litros (L)

h = Horas

m_{aq} = metros quadrados de aquecimento (m²).

4.1.4 Cálculo da altura manométrica do sistema

Para realizar o dimensionamento dos sistemas foi necessário identificar as respectivas alturas manométricas. Para isso, este estudo usa como base o princípio de conservação de energia proposto por Bernoulli, que pode ser representado pela equação abaixo juntamente com as perdas de carga (PORTO, 2006):

$$\frac{P1}{\rho g} + \frac{V1^2}{2g} + Z1 + HM = \frac{P2}{\rho g} + \frac{V2^2}{2g} + Z2 + hf \quad (7)$$

P = Pressão (N/m²)

V = velocidade do fluido na seção considerada. (m/s);

g = aceleração gravitacional (m²/s);

Z = altura estática do fluido (m);

ρ = Massa específica do fluido (Kg/m³);

hf = Perda de carga (m);

HM = Altura manométrica (m).

Foram levantadas algumas considerações para a adequação da equação ao problema:

- Escoamento em regime permanente: ao levantar essa hipótese foi possível zerar o valor da carga cinemática.

- Reservatório único: tratando-se de um sistema de recirculação as cargas de posição puderam ser desconsideradas.
- Reservatório aberto para a atmosfera: essa consideração permitiu desconsiderar as cargas de pressão.

Após aplicar as hipóteses a equação pode ser reduzida a:

$$HM = hf \quad (8)$$

A perda de carga hf foi calculada a partir da equação de Fair-Whipple-Hsiao (PORTO, 2006) recomendada para trechos curtos de tubulações com presença de grande número de canecões apresentada abaixo:

$$hf = 0,000869 \frac{Q^{1,75}}{D_i^{4,75}} L_v \quad (9)$$

Q = Vazão (m^3/s);

D_i = Diâmetro interno (m);

L_v = Comprimento virtual (m).

O autor apresentou também a equação modelada para problemas de água quente, no entanto, os cálculos neste trabalho foram baseados apenas no dimensionamento para água fria, levando em consideração que, assim, os valores de perda de carga se apresentam maiores, “jogando” a favor da segurança.

Assim, a fórmula engloba a perda de carga localizada a partir do método dos comprimentos equivalentes apresentado abaixo:

$$L_v = L + L_e \quad (10)$$

L_e = Comprimento equivalente de peças (m);

L = Comprimento de tubulação linear (m)

Para a determinação dos comprimentos equivalentes foi utilizado a Tabela a seguir:

Tabela 5 — Comprimentos equivalentes.

Diâmetro nominal.	Curva de 90°	Curva de 45°	Tende de 90° direta	Tende de 90° lateral	Entrada de borda	Saída de canalização	Registro de esfera
40	1,2	0,6	2,2	7,3	2,3	3,2	0,7
50	1,3	0,7	2,3	7,6	2,8	3,3	0,8

Fonte: ABNT, 1998.

Ressalta-se que os cálculos das perdas de carga nos filtros não foram calculados por métodos matemáticos neste trabalho, por se tratar de equipamentos específicos foi necessário recorrer a assistência técnica da empresa Nautilus e questionar o engenheiro qual o valor apresentado nos estudos da empresa, e foi informado o valor de 5 m.c.a para item mencionado.

Outro ponto considerado, foram as perdas de carga em placas solares. Segundo o manual da HELIOTEK (2016), o valor de 0.2 m.c.a. deve ser acrescido as contas para cada bateria de placas solares.

4.1.5. Análise e seleção de motobombas

Com base nas especificações dos fornecedores, os filtros seguiram um padrão de aplicação pré-definido, na qual, sua seleção partiu da vazão requerida para este processo. Pelo cálculo de vazão determinou-se a motobomba e o filtro necessários para desempenhar a função, o sistema foi baseado no catálogo Nautilus (2021) apresentado na Tabela 5.

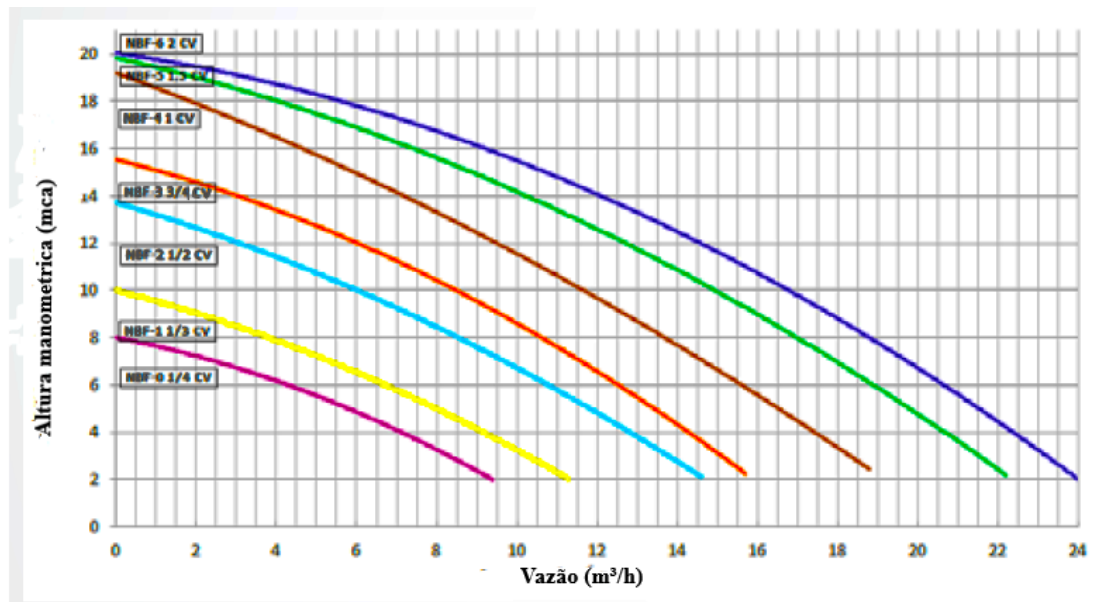
Tabela 5 — Catálogo Nautilus

Modelo do filtro	Vazão (m³/h)	Modelo da motobomba	Potência do motor (CV)	Carga de areia (kg)	Recirculação (m³/h)		
					6h	8h	10h
F300P	2,0	NBF-0	1/4	16	12	16	20
F280P	2,4	NBF-0	1/4	25	14	19	24
F350P/X	3,6	NBF-1	1/3	45	22	29	36
F450P/X	6,5	NBF-2	1/2	75	39	52	65
F550P/X	9,5	NBF-3	3/4	125	57	76	95
F650P/X	12,5	NBF-4	1,0	175	75	100	125
F750P/X	17,0	NBF-5	1,5	250	102	136	170
F950P	35,0	B7NRL-50	3,0	500	210	280	350
F1150P	52,0	B9NBRL-50	5,0	875	312	416	520

Fonte: NAUTILUS, 2021.

Como o estudo apresentou propostas que vinculavam os dois sistemas, optou-se por utilizar o catálogo de motobombas NBF, sugeridas para os filtros Nautilus (2021). Esta prática permitiu ter liberdade para a seleção da bomba e posteriormente apenas adequar o filtro a bomba. As curvas características das NBF's seguem os padrões apresentados na figura 9:

Figura 9 – Curvas características bombas NBF



Fonte: NAUTILUS, 2021

4.1.6 Verificações de escoamento

Para os cálculos de verificações de escoamento impostos pela NBR 10338 (ABNT, 1988) foi utilizado a equação da vazão:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (11)$$

$Q =$ Vazão (m^3/s);

$v =$ velocidade de escoamento do fluido (m/s).

Sendo A , a área circular do tubo:

$$A = \frac{\pi D_i^2}{4} \quad (12)$$

$A =$ área circular do tubo (m^2);

$D_i =$ Diâmetro interno (m).

Os casos em que havia ramificações no sistema foi utilizado as equações de sistemas em paralelo.

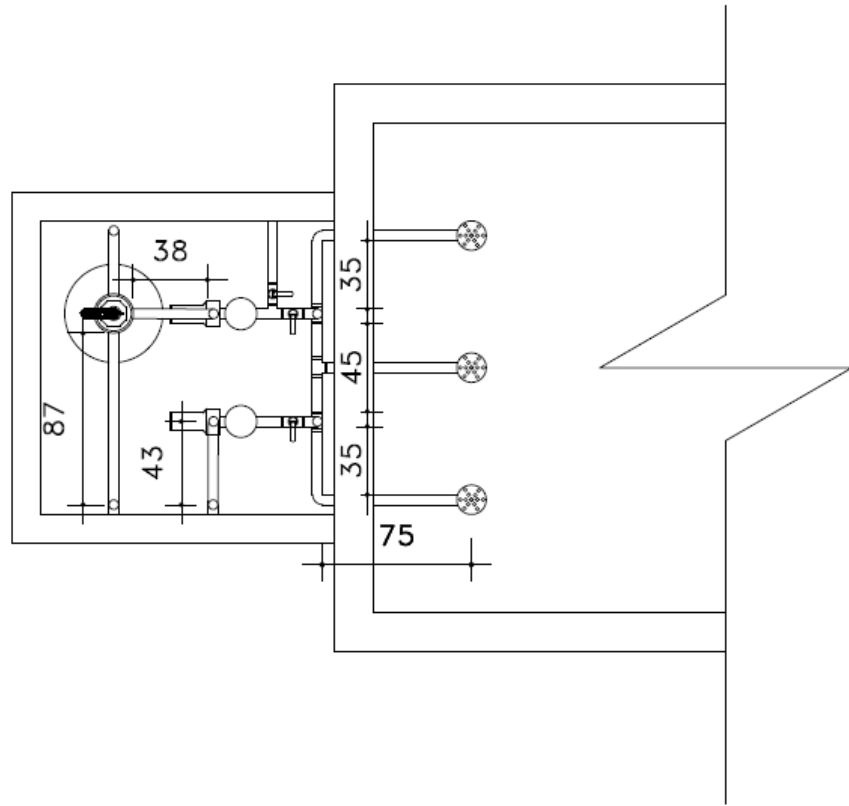
$$Hm = Hg + 0,000869 \left(\sqrt[1,75]{\frac{D_i^{4,75}}{Lv_1}} + \sqrt[1,75]{\frac{D_i^{4,75}}{Lv_2}} + \sqrt[1,75]{\frac{D_i^{4,75}}{Lv_3}} \right)^{-1,75} \cdot Q^{1,75} \quad (13)$$

4.2 Possibilidades de funcionamento

4.2.1 Sistemas independentes

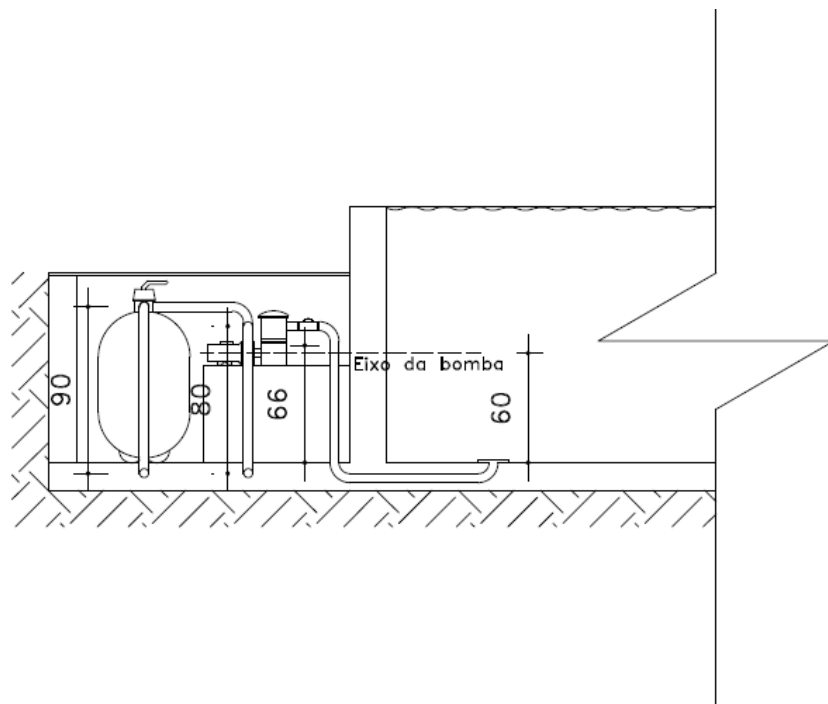
A possibilidade de funcionamento com sistemas independentes foi considerada pois se trata do método mais usual e indicado pelos fabricantes. O filtro é um equipamento obrigatório em qualquer piscina e seu funcionamento ocorre em um tempo pré-determinado diariamente. O aquecimento é um processo não obrigatório e tem seu funcionamento determinado pela necessidade e pela incidência solar, portanto, a base da pesquisa foi considerando os sistemas funcionamento sem vínculo conforme apresentado nas seguintes figuras:

Figura 10 — Detalhe 1.



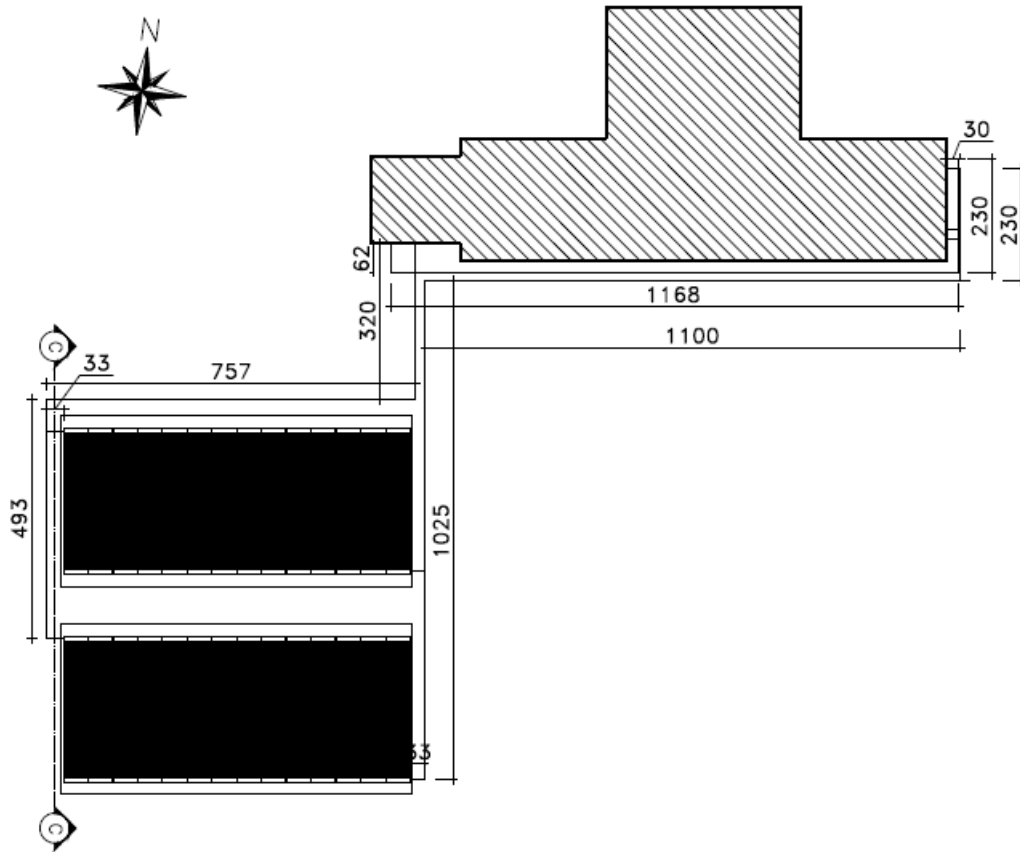
Fonte: O autor, 2022.

Figura 11 — Detalhe 3.



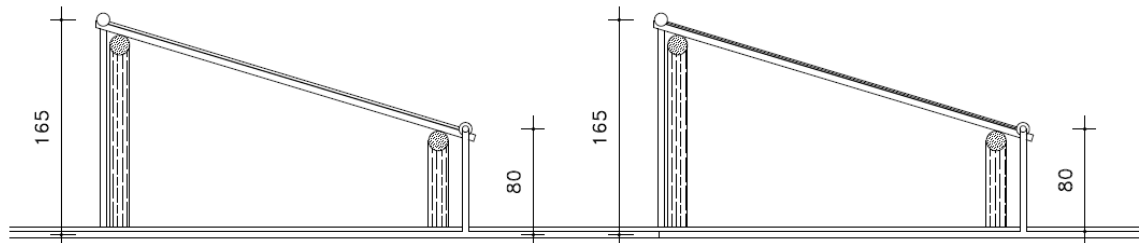
Fonte: O autor, 2022.

Figura 12 — Planta de situação 1



Fonte: O autor, 2022.

Figura 13 — Corte CC



Fonte: O autor, 2022

O comprimento total dos sistemas foi calculado não apenas para fins de orçamento, mas para o cálculo das perdas de carga, levando em consideração que seu

comprimento é diretamente proporcional ao aumento do valor e da altura manométrica. Assim, os valores lineares de tubulação do filtro foram apresentados na Tabela 7:

Tabela 7 — Comprimento da tubulação de filtragem

Seção	Comprimento (cm)
Sucção	230
Recalque	1935

Fonte: O autor, 2022.

E notavelmente maiores, as tubulações do aquecimento foram apresentadas pela Tabela 8:

Tabela 8 — Comprimento da tubulação de aquecimento

Seção	Comprimento (cm)
Sucção	230
Recalque	4857

Fonte: O autor, 2022

Com base no projeto, foi levantado algumas informações como o quantitativo de peças hidráulicas. O sistema de filtragem resultou em peças conforme a Tabela 9:

Tabela 9 — Quantitativo de peças da filtragem

Peças	Sucção	Recalque
Curva 90°	4	8
Cotovelo 45°	-	-
Luva	-	4
Te Passagem direta	-	1
Te saída lateral	2	1
Registro de esfera	1	-
Entrada de tubulação	3	-
Saída de tubulação	-	2
União	-	4

Fonte: O autor, 2022

Quanto as peças referentes ao sistema de aquecimento foram ressaltadas na Tabela 10.

Tabela 10 — Peças para o aquecimento

Peças	Sucção	Recalque
Curva 90°	4	16
Cotovelo 45°	-	2
Luva	-	6
Te Passagem direta	-	3
Te saída lateral	2	3
Registro de esfera	1	-
Entrada de tubulação	3	-
Saída de tubulação	-	2
União	-	2

Fonte: O autor, 2022.

O modelo de filtro foi selecionado com base no cálculo do item 4.1.2 e a motobomba escolhida conforme recomendado pelo fabricante na Tabela 6.

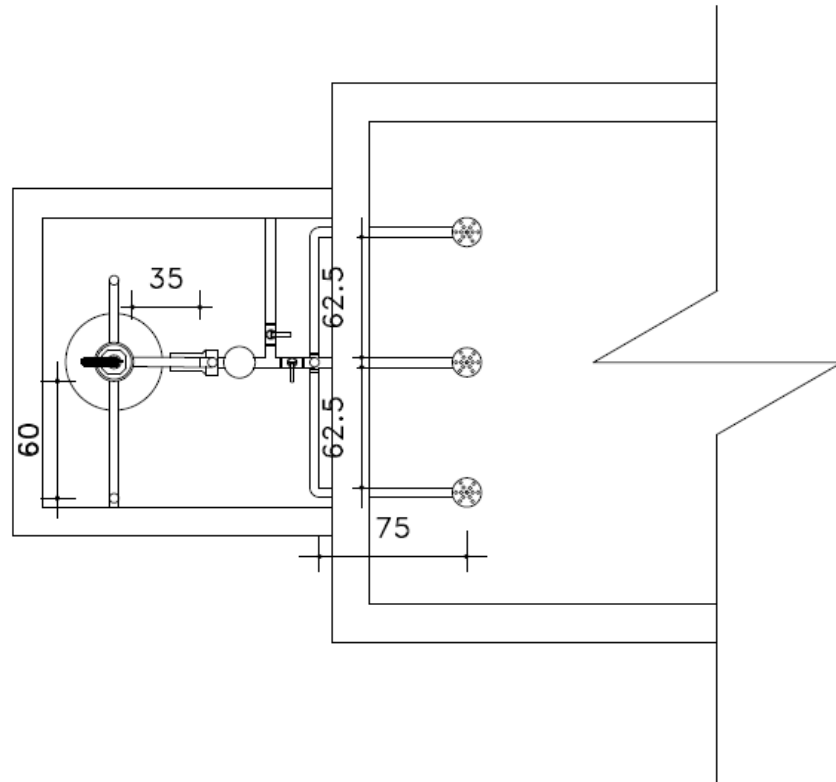
O aquecimento demandou uma comparação nas curvas das bombas NBF, para isso foi preciso realizar os cálculos da altura manométrica e vazão de projeto.

Por fim os cálculos da verificação de escoamento foram feitos para tubulações, drenos e retornos.

4.2.2 Sistemas conjugados

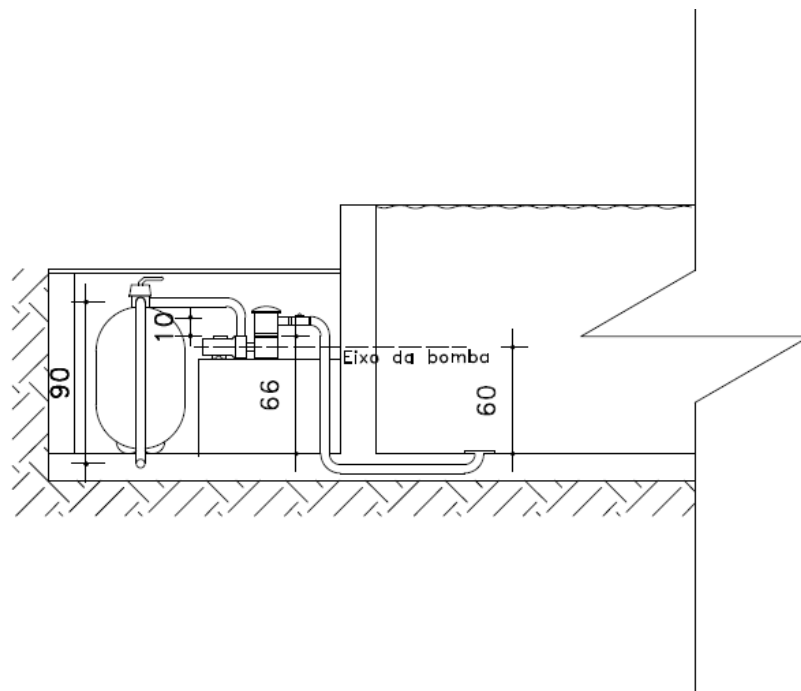
A segunda hipótese foi proposta para operar os dois sistemas conjuntos. O processo contou com água passando pelo filtro e sequencialmente foi aquecida pelas placas solares que por fim voltam pelo retorno como pode ser apresentado nas figuras 14, 15 e 16:

Figura 14 — Detalhes 2



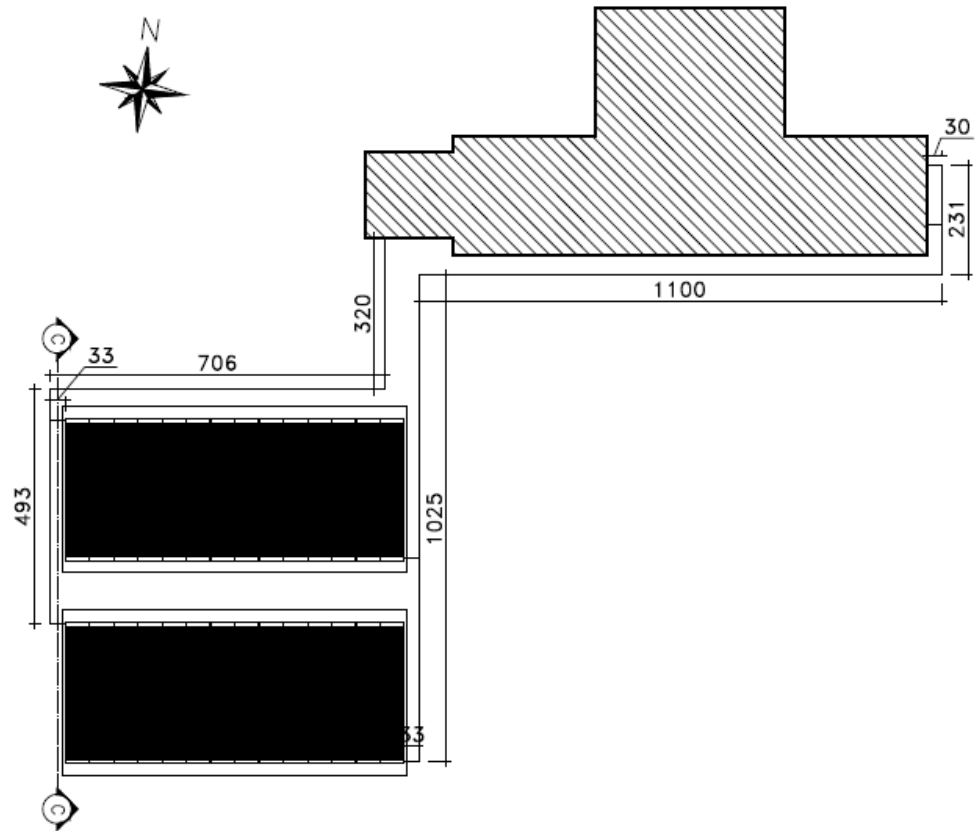
Fonte: O autor, 2022.

Figura 15 — Detalhes 5



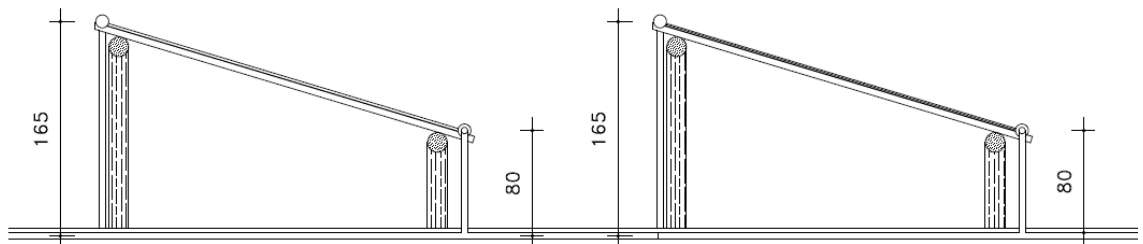
Fonte: O autor, 2022.

Figura 16 — Planta de situação 2



Fonte: O autor, 2022

Figura 17 — Corte CC



Fonte: O autor, 2022.

A maior vazão de projeto entre filtro e aquecimento foi utilizada como base de cálculo.

Para este caso foi necessário inserir a perda de carga das placas e filtro conjunto à perda de carga das tubulações do sistema de comprimentos lineares apresentados na Tabela 11:

Tabela 11 — Comprimento da tubulação de filtragem e aquecimento

Seção	Comprimento (cm)
Sucção	305
Recalque	5200

Fonte: O autor, 2022.

Sendo as peças hidráulicas apresentadas pela Tabela 12:

Tabela 12 — Peças necessárias para a filtragem e aquecimento

Peças	Sucção	Recalque
Curva 90°	3	16
Cotovelo 45°	-	2
Luva	-	6
Te Passagem direta	-	3
Te saída lateral	1	3
Registro de esfera	1	-
Entrada de tubulação	3	-
Saída de tubulação	-	2
União	-	4

Fonte: O autor, 2022.

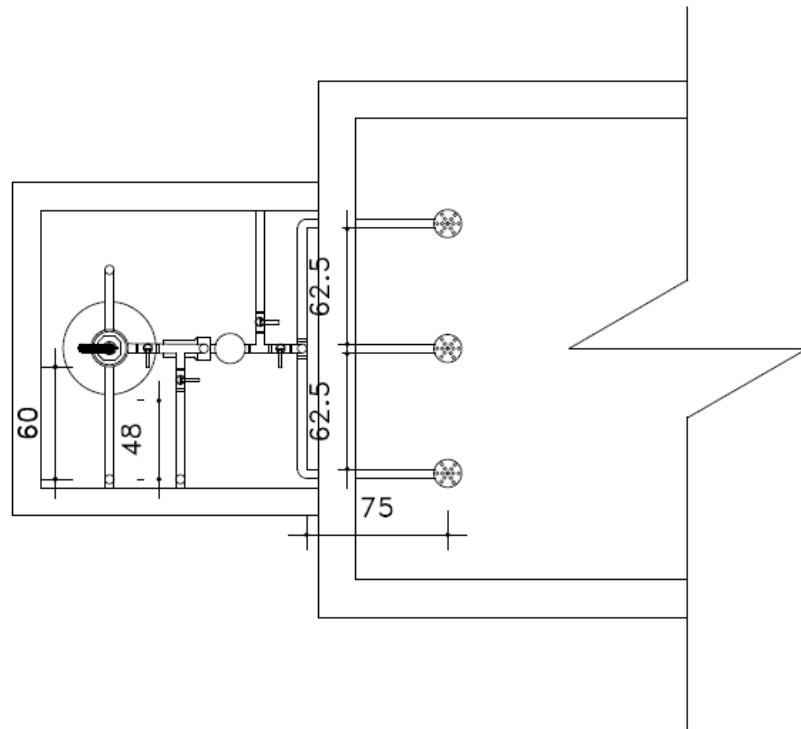
A partir da altura manométrica total foi possível extrair a motobomba necessária para desempenhar a função de recirculação, e o filtro foi selecionado conforme a demanda de vazão fornecida pela bomba.

Por fim, foram realizados os cálculos de verificação de escoamento nos pontos de interesse para o caso.

4.2.3 Sistemas semiconjugados

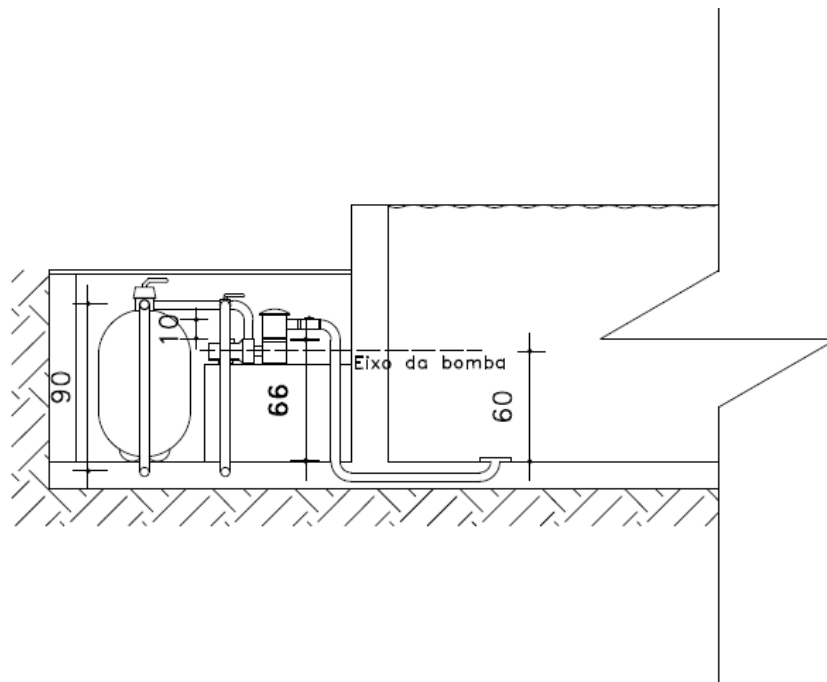
A hipótese de sistemas semiconjugados compartilhou a mesma bomba para os dois sistemas. Entretanto, com tubulações de recalque independentes, como apresentado nas figuras a seguir:

Figura 18 — Detalhe 3



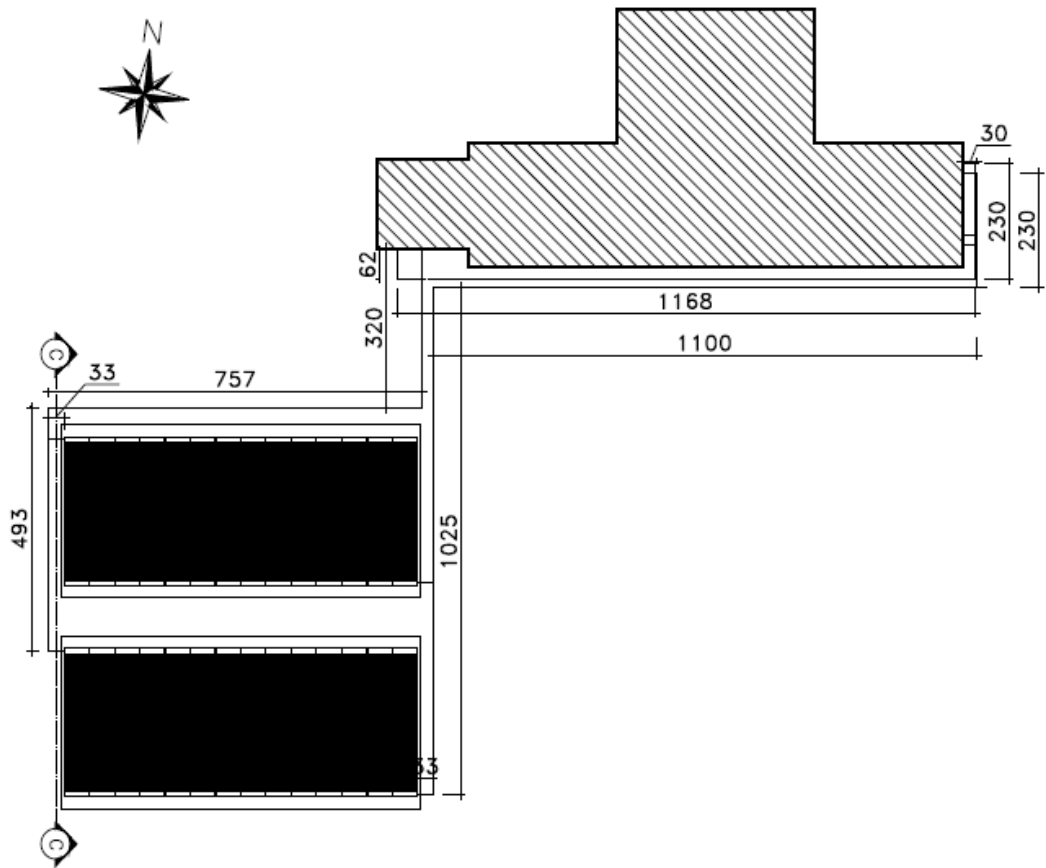
Fonte: O autor, 2022

Figura 19 — Detalhe 6



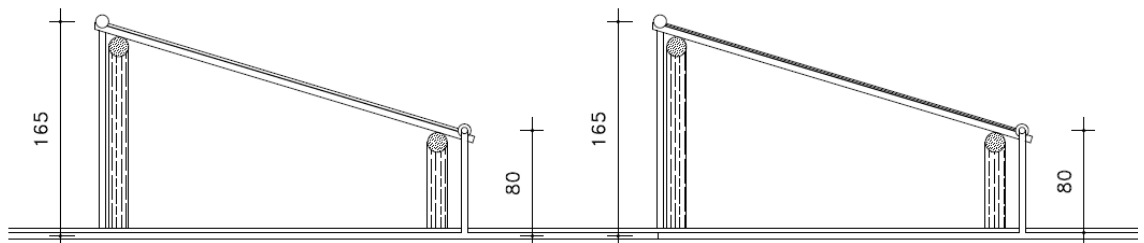
Fonte: O autor, 2022

Figura 20 — Planta de situação 3



Fonte: O autor, 2022

Figura 21 — Corte CC



Fonte: O autor, 2022

Para que a condição fosse satisfeita, a motobomba deveria suportar a vazão de ambos os sistemas isoladamente, sendo necessária uma comparação entre as demandas.

Com a vazão definida, a motobomba foi extraída do catálogo do fabricante após realizar os cálculos de perda de carga e da altura manométrica a partir dos comprimentos equivalentes. Onde as distancias de tubulações lineares do filtro foram apresentadas na Tabela 13:

Tabela 13 — Comprimento da tubulação de filtragem

Seção	Comprimento (cm)
Sucção	305
Recalque	1985

Fonte: O autor, 2022.

E os dados levantados do aquecimento foram apresentados pela Tabela 14:

Tabela 14 — Comprimento da tubulação de aquecimento

Seção	Comprimento (cm)
Sucção	305
Recalque	4830

Fonte: O autor, 2022.

Quanto aos comprimentos equivalentes utilizados para o cálculo da perda de carga localizada foram obtidos pelo levantamento de material da Tabela 15 para a filtragem:

Tabela 15 — Peças necessárias para a filtragem

Peças	Sucção	Recalque
Curva 90°	2	8
Cotovelo 45°	-	-
Luva	-	5
Te Passagem direta	-	2
Te saída lateral	1	1
Registro de esfera	1	1
Entrada de tubulação	3	-
Saída de tubulação	-	2
União	-	4

Fonte: O autor, 2022.

Sendo referente ao aquecimento, a Tabela 16 apresenta as seguintes peças:

Tabela 16 — Peças necessárias para o aquecimento

Peças	Sucção	Recalque
Curva 90°	2	16
Cotovelo 45°	-	2
Luva	-	5
Te Passagem direta	-	3
Te saída lateral	1	4
Registro de esfera	1	1
Entrada de tubulação	3	-
Saída de tubulação	-	2
União	-	2

Fonte: O autor, 2022.

Assim, com os dados levantados

4.3 Custos de implementação:

O intuito do levantamento dos custos foi de determinar se as alterações das disposições hidráulicas fizeram uma diferença financeira significativa.

Para tanto, foi levantado o valor dos custos diretos de implementação das tubulações de primeira linha, aparelhos e sistemas de aquecimento. A análise foi feita em três fornecedores da região escolhidos aleatoriamente e apresentados no tópico a seguir.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A piscina abordada tem o volume de 39,2 m³ de água e uma área superficial de 37m², com uma demanda de placas solares de 41,7 m². As vazões utilizadas como base dos cálculos do projeto foram 4,9 m³/h e 9,16 m³/h, respectivamente, para o filtro e aquecimento, na qual, a Tabela apresentada abaixo mostra os resultados obtidos de vazão e altura manométrica de cada sistema:

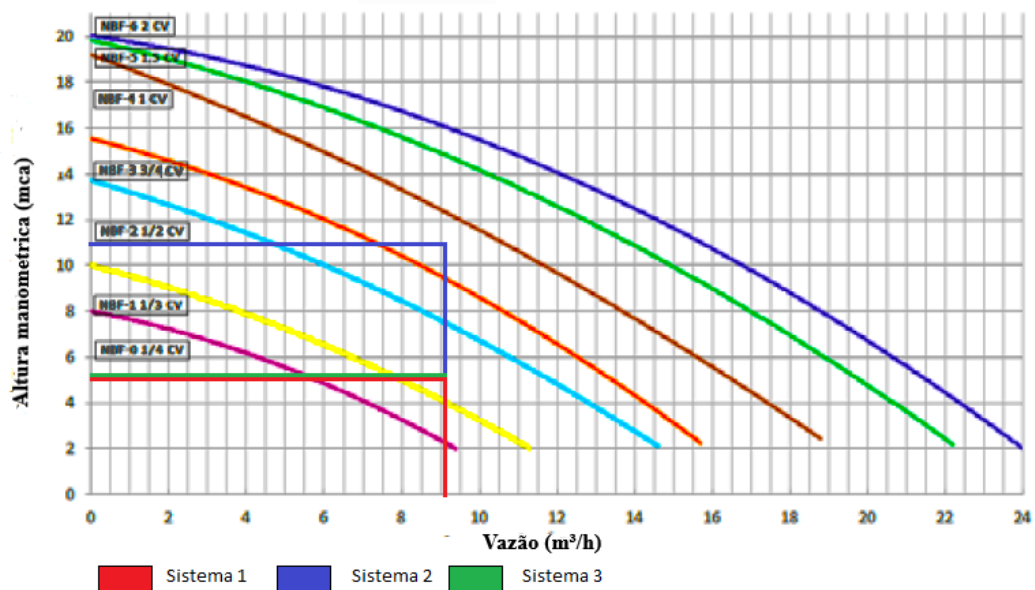
Tabela 17 — Altura manométrica e vazão necessária para cada um dos sistemas propostos

Sistema	Altura manométrica (m.c.a)	Vazão (m ³ /h)
1	5,53	9,16
2	9,98	9,16
3	5,58	9,16

Fonte: O autor, 2022.

Como a vazão do aquecimento dependia apenas do número de placas e estas foram as mesmas para os três casos, houve variação apenas nas alturas manométricas dos sistemas. Constatou-se que os sistemas que possuem tubulações independentes necessitaram de motobombas menores e tiveram valores próximos como apresentado na figura 22:

Figura 22 — Seleção da bomba pelo gráfico de curva característica



Fonte: O autor, 2022

Com base no levantamento financeiro realizado, o valor total de tubulações e peças é dado pela Tabela 18:

Tabela 18 — Valores de tubulações

Item	DN	Valor médio (R\$)
Curva 90°	50	16,00
Curva 45°	50	9,70
Luva	50	6,40
Registro	50	56,86
Te	50	12,80
Tubo	50	20,00 (m)
União	50	36,60
Curva 90°	40	14,35
Curva 45°	40	8,02
Luva	40	3,52
Registro	40	54,63
Te	40	11,27
Tubo	40	19,52 (m)
União	40	30,50
Retorno	50	82,00
Dreno	50	118,00

Fonte: O autor, 2022.

O levantamento também foi feito para os valores de equipamentos como motobombas e filtros, apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 — Valores de equipamentos

Item	Valor médio (R\$)
Moto bomba e pré-filtro ½ cv	1.068,00
Moto bomba e pré-filtro ¾ cv	1.520,00
Moto bomba e pré-filtro 1 cv	2.100,00
Filtro para Piscina ½	905,00
Filtro para Piscina ¾	1.100,00
Filtro para Piscina 1	1.280,00

Fonte: O autor, 2022.

Os valores de equipamentos para o aquecimento também foram mensurados e apresentados pela Tabela 20.

Tabela 20 — Custo estimado com equipamentos de aquecimento

Item	Valor médio (R\$)
Placa solar e conexões	104,00 por m ²
Controladora solar	280,45 por un
Sensor térmico	31,00 por un

Fonte: O autor, 2022.

Por fim, os valores totais de equipamentos de relação direta para a proposta foram apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 — Valor total do material hidráulico para cada uma das propostas técnicas avaliadas

Sistemas	1	2	3
Categorias	Valores (R\$)		
Tubulação e acessórios	3.575,12	2.564,66	3.307,92
Equipamentos	3.041,00	3.190,00	1.973,00
Placas solares e acessórios	4.523,25	4.180,80	4.523,25
TOTAL	11.139,37	9.935,46	9.804,17

Fonte: O autor, 2022.

Ao analisar os resultados é interessante ponderar que a determinação do sistema não depende apenas do custo de implantação ou o custo operacional. Apesar de serem pontos de relevância expressiva, o tema apresenta outras variáveis como: o modo de operação e viabilidade regional.

Para que seja viável qualquer tipo de alternativa, os dois sistemas devem funcionar de acordo com suas devidas necessidades, sem que haja interferência, respeitando seus horários definidos de funcionamento.

A necessidade de mão de obra para a operação do sistema é decisiva para um funcionamento correto, já que a retro lavagem dos filtros e a limpeza externa das placas solares são necessárias em todas as propostas. Constata-se também que o valor das placas solares não se altera, já que se tratou da mesma piscina para os três casos. Portanto, o que fez diferença foram as tubulações e número de motobombas utilizadas e equipamentos auxiliares.

O projeto tradicional 1, realizado com duas motobombas, mostrou-se como a opção mais cara, pois, necessitou de um sistema mais robusto para operar. O

funcionamento recomendado para este sistema é o aquecimento durante o dia e a filtragem durante a noite, para que não aconteça de funcionar duas motobombas simultâneas e gerar uma alta sucção nos drenos, podendo gerar riscos aos banhistas.

Analisando o sistema 2, houve um bom resultado, mesmo demandando uma motobomba e filtro maiores. Esta disposição resultou em uma economia intermediária advinda da redução de tubulação, portanto, ao se tratar de piscinas que necessitam vencer grandes distâncias, compridas ou com sistemas de aquecimentos muito longos esta opção é muito interessante.

Vale ressaltar que, como os sistemas trabalham com os mesmos retornos, estes devem ser dispostos de forma a otimizar as duas operações, em que a entrada para o aquecimento deve estar a uma altura intermediária, para favorecer a convecção e o filtro depende de retornos mais superficiais. Assim é possível encontrar um meio termo entre esses dois princípios.

É importante ressaltar que para que haja um aquecimento considerável é aconselhado regular a recirculação geral nos períodos de maior incidência solar, pois, quaisquer recirculações em períodos noturnos, poderiam acarretar a troca de calor inversa à pretendida em projeto.

Para isso o horário de funcionamento como determinado pelo tempo máximo de recirculação do filtro imposto a 8 horas. Como os sistemas são interligados, o aquecimento também fica limitado a este intervalo. Assim, houve uma ligeira economia ao dispensar a placa controladora do aquecimento já que o sistema será acionado de acordo com o funcionamento do filtro.

A terceira proposta apresentou uma economia em equipamentos. Ela proporcionou o menor orçamento e um bom funcionamento, pois, manteve os dois sistemas independentes. Entretanto, apresentou uma demanda operacional mais incisiva. Isso porque possui um jogo de registros que alternam a função filtro e aquecimento. A falta de instrução na operação deste sistema pode gerar danos ao e seria necessária uma regulagem diária.

Para isso, analisou-se a possibilidade de automatizar a mudança de funções do sistema. Isso é possível pois já está disponível no mercado registros de fechamento solenoide. Estas peças, aliadas a uma placa de funcionamento, dispensariam a necessidade de um operador para a piscina, e acionaria a filtragem e o aquecimento em seus devidos tempos.

Para esta automatização, foi feito um levantamento em três comércios locais e a partir disso obteve-se a média dos itens necessários para o seu funcionamento, apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 — Custo com equipamento de controle automático dos sistemas de bombeamento

Sistemas		
Categorias	Unidades	Valor (R\$)
Válvula solenoide 50mm	2	280,00
Controlador de irrigação 4 canais	1	610,00
TOTAL		1170,00

Fonte: O autor, 2022.

6. CONCLUSÃO

A partir deste estudo, constatou-se a determinação de novos processos não depende apenas dos valores iniciais de implementação, e sim da relação implementação vs. manutenção. Para o projeto proposto, todas as alternativas são aplicáveis, no entanto, se diferenciam entre valores de implementação e forma de manutenção.

Como visto na proposta semiconjugados, inicialmente, houve uma economia mais significativa, porém, para que o sistema operasse como os demais, sem a necessidade de uma mão de obra incisiva, foi necessário o incremento de um sistema de seleção de registros. A ideia apresentada é um bom tema de estudos para trabalhos futuros, ao passo que concilia a tecnologia já aplicada em irrigações, nos sistemas de piscinas. Entretanto, não apresentou viabilidade para o presente projeto.

Portanto, como alternativa para o modelo tradicional independente, a proposta conjugada foi a de melhor custo-benefício, pois apresentou um valor de implementação menor e não prejudicou as condições de operação fundamentais dos sistemas de aquecimento e filtragem.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA — ANVISA. **Manual de orientações para fiscalização sanitária em estabelecimentos prestadores de atividade física e afins**. Brasília: ANVISA, 2009.

ASTRALPOLL. **Manual de instruções e funcionamento: filtros em poliéster industriais**. ASTRALPOLL, 2022.

ASTRALPOLL. **Manual de instalação, operação, manutenção e garantia**. ASTRALPOLL, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR 9819: Piscina**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR 10339: Projeto e execução de piscina - Sistema de recirculação e tratamento – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR 10818: Qualidade de água de piscina**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS — ABNT. **NBR 5626: Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BIASI, Juliana Aparecida et al. Estudos de sustentabilidade direcionados ao conforto ambiental e climatologia urbana. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira**, v.2, 2017. Disponível em: <https://unoesc.emnuvens.com.br/apeuv/article/view/13119>. Acesso em: 30 jul. 2022.

BRUNI, A. L.; FAMÁ R.; SIQUEIRA, J. de O. **Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo**. São Paulo, 1998.

CAMARGO, R. F. de. **Entenda sobre a taxa mínima de atratividade: o que é, quando usar e por que pensar em TMA na hora de investir**. Treasy. 2017.

CHAVES, Cleide Machado. **Condições sanitárias de águas de piscinas de Campo Grande, Mato Grosso do Sul**. Tese de Doutorado: Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-20102017-165837/publico/DR_36_Chaves_1984.pdf. Acesso em: 30 jun. 2022.

COMGAS NATURAL; ABRINSTAL. **Sistemas de Aquecimento de Água para Edifícios através da associação Energia Solar e Gás Natural — Manual técnico para projeto e Construção de Sistemas de Aquecimento Solar & Gás Natural**. COMGAS NATURAL; ABRINSTAL, 2011. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Manual_Tecnico_para_Projeto_e_Construcao_de_Sistemas_de_Aquecimento_Solar_e_Gas_Natural.pdf. Acesso em: 10 mai. 2022

FONSECA, Guilherme Queiroz. **Piscinas: tipologia, componentes e metodologias de dimensionamento**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Goiás, Goiânia,

2018. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/PISCINAS_-_TIPOLOGIAS_COMPONENTES_E_METODOLOGIAS_DE_DIMENSIONAMENTO.pdf. Acesso em: 02 ago. 2022.

GUTIERREZ, Maria Bernadete. **O setor de gás natural no Brasil: uma comparação com os países da OCDE**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, Ipea, 2022. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11226/1/td_2777.pdf. Acesso em: 10 jul. 2022.

HELIOTEK. **Manual de instrução e instalação do aquecedor solar de piscina**. HELIOTEK, 2016.

KOMEKO. **Manual do usuário: coletor solar e piscina**, 2021. Disponível em: <https://www.komeco.com.br/wp-content/uploads/2019/08/sistema-aquecedor-piscina-komeco.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

LAFAY, Jean-Marc Stephane. **Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

NASCIMENTO, Ana Paula et al. Filtração lenta para o tratamento de águas para pequenas comunidades rurais. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil — RECC**, v.4, n.2, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/19705/11528>. Acesso em: 1 ago. 2022.

NAUTILUS. **Manual de instalação, operação e manutenção: motobombas – NBF e NBFC**, 2021. Disponível em: <https://nautilusbr.com/manuais-de-produtos/>. Acesso em: 22 ago. 2022.

PORTO, Rodrigo. **Hidráulica básica**. 4.ed. São Paulo: EESC-USP, 2006.

PREUSS, Thiago de Souza. **Apresentação do cálculo das características necessárias à seleção de uma bomba para o sistema de lastro de um navio porta-contêiner**. Trabalho de Conclusão de Curso. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.

SANTOS, Marcos Vinicius Sousa dos. **Fabricação e estudo de um coletor solar não convencional: uma alternativa par aquecimento da água utilizada no tratamento hidrossanitário térmico da manga (THT)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27124/1/Fabrica%20e%20estudo%20de%20um%20coletor%20solar%20n%20convencional%20de%20aquecimento%20da%20%20manga%20\(THT\).pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/27124/1/Fabrica%20e%20estudo%20de%20um%20coletor%20solar%20n%20convencional%20de%20aquecimento%20da%20%20manga%20(THT).pdf). Acesso em: 10 jun. 2022.

SANTOS, Samara Tavares dos et al. Perspectivas sobre o uso de materiais alternativos no tratamento de água: revisão sistemática desenvolvida em filtros lentos. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.9, n.2, 2021. Disponível em: <https://revistabrasileirade.meioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/873/304>. Acesso em: 2 ago. 2022.

SEBRAE NACIONAL. **Investimento**. SEBRAE, 2018. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/conteudos/planodenegocio>. Acesso em: 22 ago. 2022.

SILVA, C. A. da. **Apostila de Hidráulica Geral**. 1. ed., Confresa: IFMT, 2013.

SILVA, K. et al. **Orçamento: A composição de custos na construção civil**. Revista Pensar Engenharia, Belo Horizonte, v.3, n. 1, jan. 2015.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. 1ª. ed. São Paulo: Ed. Pini, 2006.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2008.

TEKSOL. **Manual de instalação e uso — aquecedor solar de piscina**. TEKSOL, 2019.

VEICO. **Manual técnico — aquecedor solar de piscinas**. VEICO, 2019.

VERAS, Luciana Rodrigues Valadares; BERNARDO, Luiz Di. Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas — FIME. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.1, jan/mar, 2008.