

PROJETO DE EXAUSTORES EÓLICOS OU SOLARES PARA CONTROLE DE TEMPERATURA NA CASA DE MÁQUINAS DA UTE-MCY

Vitor Mascarenhas Péres
Sonaldo Vital de Oliveira Junior

RESUMO

Um dos problemas enfrentados pelas usinas termelétricas é relativo à temperatura do ar de admissão: que influencia na quantidade de combustível injetado necessário para manter a mistura ar/combustível constante e na qualidade da queima resultante. A termelétrica Muricy ampliou sua capacidade de arrefecimento com a instalação de resfriadores evaporativos para auxiliar nas tarefas dos sistemas antigos dos radiadores *High Temperature* (HT) e *Low Temperature* (LT). Concomitantemente, o intercooler serviria esse propósito, de forma independente e em estágios diferentes. Não obstante esse aumento da capacidade, as condições de temperatura ideal não foram atingidas para operação do motor (ar de admissão), bem como a temperatura ambiente da casa de máquinas, incluindo o não atendimento aos requisitos da NR-15. Esse estudo corrobora o uso de exaustores, que, em conjunto com os insufladores instalados, pode suprir essa deficiência da temperatura dos componentes das unidades geradoras e seus auxiliares, e ainda trazer benefícios tais como iluminação extra, reestabelecimento da qualidade do ar e de ventilação contínua pelos equipamentos da *powerhouse*, trazendo vantagens em cadeia para toda a produção, ao permitir maior faixa de operação com confiabilidade.

Palavras-chaves: Temperatura. Casa de máquinas. Exaustor. Moto-geradores. Custo-benefício.

1 INTRODUÇÃO

A previsão de ativação das termelétricas seria somente nos períodos de ocorrências de secas, devido ao fato do Brasil ter sua matriz energética muito dependente de hidroelétricas. Considerando isso, a usina termelétrica de Muricy foi projetada para uma operação transitória: a manutenção poderia resolver a maioria dos problemas dos equipamentos quando houvesse paradas programadas da planta.

Cada acionamento de motor requereria a ativação de ambos os respectivos insufladores da máquina. A recomendação para a casa de máquinas funcionar com todas as portas fechadas partiria da premissa que as massas de ar quente formadas na *powerhouse*

tenderiam, por causa da alta pressão, a subir e se dispersar mais facilmente.

O hábito, entretanto, de deixar as portas de emergência e principais abertas, com a atividade constante da usina, pode ter sido um dos motivos do acúmulo de massa térmica interna ao ambiente, pelo fato de haver perda parcial de insuflamento, bem como a hipótese de uma retenção da massa quente, por não alcançar pressão suficiente para que a exaustão superior natural funcione adequadamente. Essa hipótese precisa ser analisada e testada, mas possui um viés de verdade quanto à perda de insuflamento.

Uma das principais preocupações que se tem em uma usina termelétrica em operação é quanto às temperaturas dos motores mecânicos e de seus componentes auxiliares. Existe um intertravamento automático para determinadas temperaturas elevadas, previsto em projeto, que podem representar um risco para os elementos da casa de máquinas. Isso também infere na sensação térmica interna à *powerhouse* e na vida útil de equipamentos elétricos sujeitos a esse stress.

Os motores são de fabricação *MAN Diesel & Turbo*, modelo 18V4860B, com potências de 18,5 MW por unidade, e o combustível principal utilizado é o óleo combustível especial de baixo teor de enxofre (OCB1E).

Cada moto-gerador possui um sistema de arrefecimento independente, que é composto por dois circuitos fechados de água, sendo um de alta temperatura e outro de baixa temperatura, denominados de *High Temperature* (HT) e *Low Temperature* (LT) respectivamente. Os sistemas basicamente consistem em um conjunto radiador onde a água dos circuitos de HT e LT é resfriada com o ar ambiente.

O circuito de HT é responsável pela remoção de calor das camisas dos cilindros e do primeiro estágio de compressão do ar de admissão. Já o circuito de LT é responsável pela remoção de calor do segundo estágio de ar de admissão, do resfriador de óleo lubrificante, do circuito de arrefecimento dos bicos injetores e do resfriamento dos mancais dos geradores. O subdimensionamento dos sistemas radiadores levou à necessidade de perda térmica, sendo imprescindível a integração de um novo sistema de resfriadores evaporativos para compensar.

Essa conclusão derivou de uma avaliação dos custos para correção dessa deficiência e o ganho em relação a outras soluções disponíveis (tanto em prazo como em preço). A solução anterior escolhida para essa temática, que foi o uso de sprinklers externos aos tubos de refrigeração, trouxe problemas adicionais de oxidação estrutural e dos painéis elétricos que estão posicionados abaixo dos sistemas antigos de resfriamento HT LT, a qual a nova estrutura de resfriadores evaporativos cumpriria a função de dividir as cargas térmicas.

Apesar de todos os esforços, ainda existem situações relativas à temperatura, principalmente quando há necessidade de manutenção de qualquer um dos equipamentos supracitados.

A Unidade Termelétrica de Muricy (UTE-MCY) da Petrobras, situada próxima ao polo petroquímico de Camaçari, reconheceu a necessidade de um sistema complementar de resfriamento para o ar de admissão de seus oito motores e um dos controles que se possui para essa variável se dá por dezesseis insufladores, oito desses instalados de frente para os geradores.

A corrente nominal de alimentação dos insufladores é de 72 A e seu objetivo é movimentar 190.000 m³/h de ar externo para circular dentro dos domínios da casa de máquinas. Entretanto, seu dimensionamento não considerou algumas dissipações de calor, que serão abordadas nesse projeto com mais detalhes.

A proposta de instalação de exaustores eólicos/solares no telhado da casa de máquinas não apenas servirá para controle adicional de temperatura interna, mas para remoção de poeira, mofo e outros poluentes (odores, fumaça e pó) do ambiente, ajuste de velocidade do vento (melhorando sensação térmica na área), e auxiliando na iluminação interna, caso a tampa superior seja em policarbonato cristal 3,0 mm, sem prejudicar a resistência do equipamento e sem deixar passar o calor para o ambiente. Tudo com um gasto reduzido ou inexistente de energia e aproveitando fluxo eólico da própria usina, além de trazer benefícios para grande parte da cadeia produtiva.

2 OBJETIVO E METODOLOGIA

O método escolhido para a abordagem do tema que será explanado no decorrer do trabalho foi a da revisão bibliográfica e estudo de melhoria da planta UTE-MCY (dados internos), cujo corpo, produzido como um projeto de aplicação que adotou o delineamento sistemático de um estudo técnico descritivo (causa e efeito), procurou explorar inovações tecnológicas e os

benefícios das mudanças propostas quanto ao seu custo e melhorias para a produção/manutenção.

Foram coletadas informações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), da NR-15, de outras empresas (nacionais e internacionais) que atuam no setor, de normas internas da Petrobras e experiências de trabalhadores da petrolífera.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a norma estabelecida pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO) nº 01/78 a temperatura do ar de admissão de motores a diesel deve ter valor inserido na faixa de 288 K (15 °C) a 318 K (45 °C), sendo que as médias de temperatura de operação do ar admitido na Muricy são de 42 °C.

Além disso, após o estudo de aplicação da NR-15 na termelétrica Muricy, houve a recomendação de implantar medidas de engenharia que reduzissem a geração de calor na Praça de Máquinas. Foram realizadas 36 medições, cada medição (ocorrida entre 13h30min e 15 horas) realizada por 3 vezes com intervalo entre elas de 1 minuto. No momento da medição, todas as portas estavam abertas, com 4 insufladores ligados. Abaixo, está apresentada uma dessas medições, cuja síntese confirma a recomendação realizada.

Na configuração atual da usina termelétrica, o sistema de radiadores, que produz bastante calor, ficou instalado em frente à área de sucção dos insufladores VF-1001. A visualização desse fato, com a questão da temperatura da casa de máquinas, incentivou um estudo mais aprofundado dos vetores de velocidade da localidade para comprovar se havia alguma influência externa, via recirculação do ar quente que era produzido pelos radiadores na *powerhouse*.

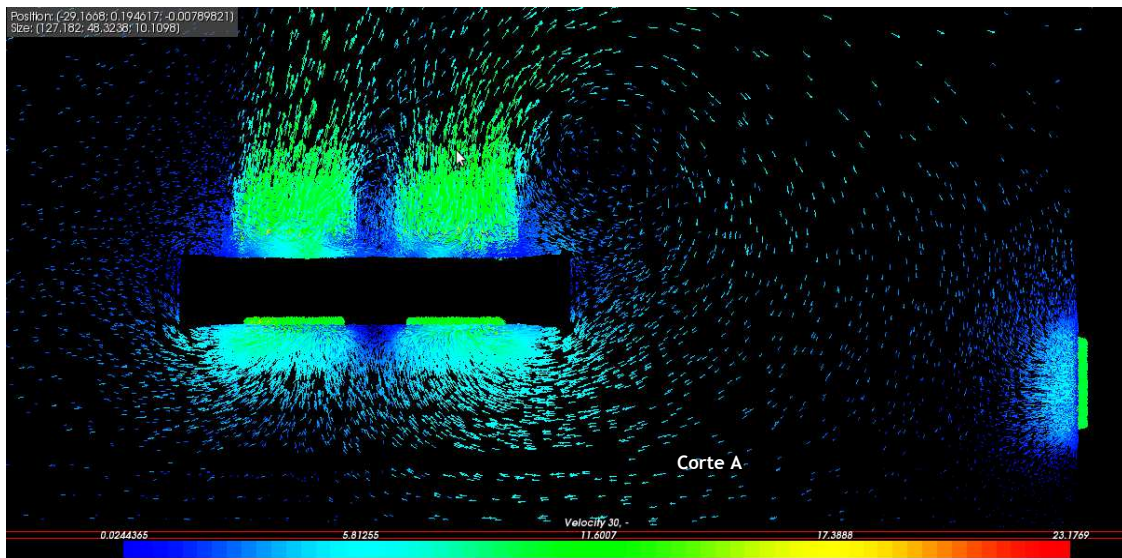
As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os resultados levantados pela empresa FINGENER, usando simulações e cálculos vetoriais de velocidade, que comprova que está ocorrendo esse transporte indevido de carga térmica. A partir das informações produzidas, foi realizado um teste de campo: após o desligamento do VF-1001 da unidade geradora 2 e a inversão do seu sentido de rotação, obtivesse uma queda na temperatura do ar de admissão de 41 °C para 37 °C. Surgiu, portanto, como forma de atenuar (ou até mesmo solucionar) os efeitos descritos, a ideia de usar exaustores laterais (alterando a função dos insufladores VF-1001 para exaustores) e no telhado.

Figura 1 - Avaliação de calor em diversos pontos (IBUTG).

| AVALIAÇÃO DE CALOR (SOBRECARGA TÉRMICA) | | | | | | Data: 16/12/2015 | | |
|---|----------------------|-------------------------------------|--------------------|----------|---------|------------------|--------------------|--------------------------|
| Descrição das atividades realizadas no ciclo de 60 anos | Local | Característica do ponto de mediação | Média das Leituras | | | IBUTG (°C) | Tipo de Atividades | Taxa Metabólica (kCal/h) |
| | | | Tbn (°C) | Tbs (°C) | Tg (°C) | | | |
| Verificação no MG 04 - saída dos gases de exaustão | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 29,8 | 43,4 | 42,0 | 33,5 | Moderado | 220 |
| Verificação no MG 04 - em frente às válvulas de admissão lado direito | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 29,4 | 41,2 | 44,5 | 33,9 | Moderado | 220 |
| Verificação no MG 04 - em frente às válvulas de admissão lado esquerdo | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 29,6 | 41,0 | 44,5 | 34,1 | Moderado | 220 |
| Verificação no MG 04 - abaixo das válvulas de admissão | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 28,2 | 39,9 | 43,1 | 32,7 | Moderado | 220 |
| Verificação no MG 04 - parte inferior do intercooler próximo às bombas LT e HT ao lado dos filtro de óleo | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 30,9 | 49,1 | 44,5 | 35,0 | Moderado | 220 |
| Verificação no MG 04 - booster do MG (unidade de injeção U04-F15) | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 30,7 | 45,5 | 46,6 | 35,5 | Moderado | 220 |
| Leitura do painel dos moderadores MG 04 | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 31,1 | 44,1 | 46,9 | 35,8 | Moderado | 220 |
| Verificação do nível de óleo do compressor de partida ao lado do vaso VAS TA1100 | Praça de Máquinas | Ambiente interno sem carga solar | 27,9 | 41,2 | 43,6 | 32,6 | Moderado | 220 |
| Verificação do funcionamento da caldeira - em frente ao painel da caldeira 3000kg | Área da Caldeira | Ambiente interno sem carga solar | 28,1 | 35,7 | 39,1 | 31,4 | Moderado | 220 |
| Verificação e acompanhamento da operação das centrífugas - em frente ao separador HFO/003 | Sala das Centrífugas | Ambiente interno sem carga solar | 28,2 | 37,0 | 39,7 | 31,7 | Moderado | 220 |
| Verificação da bomba na casa da Cetrel | Casa da Cetrel | Ambiente interno sem carga solar | 25,6 | 32,6 | 36,1 | 28,4 | Moderado | 220 |
| Acompanhamento e verificação na oficina | Oficina | Ambiente interno sem carga solar | 28,7 | 35,1 | 37,7 | 31,4 | Moderado | 220 |
| IBUTG MÉDIO | - | - | - | - | - | 33,0 | Moderado | 220 |

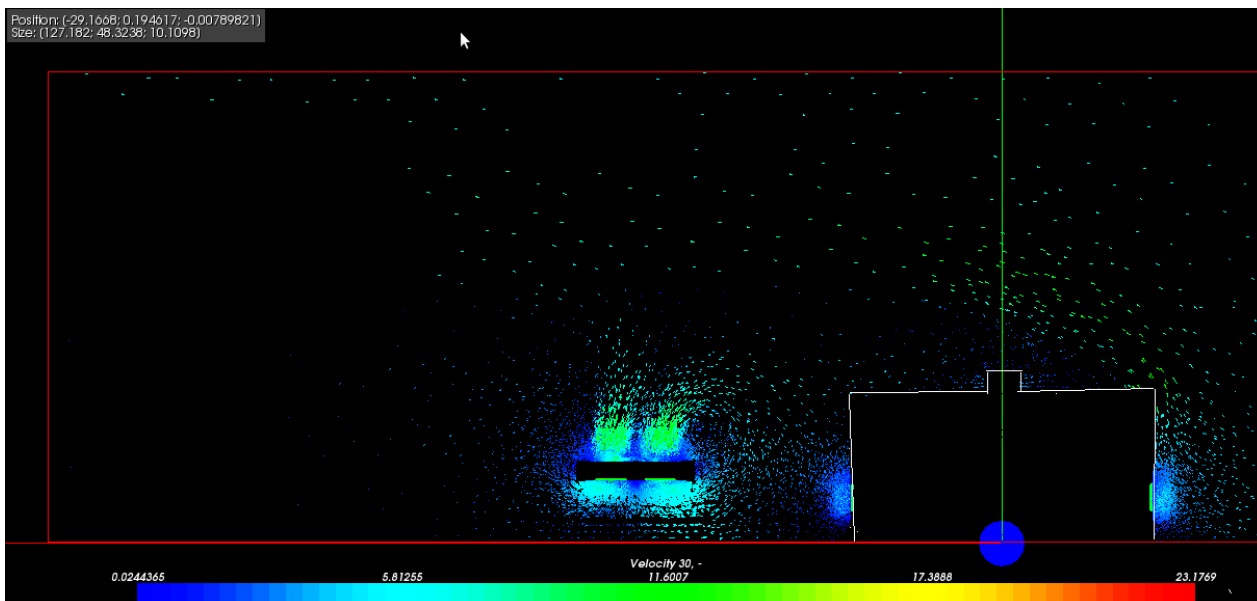
Fonte: META, 2015, p. 06.

Figura 2 - Detalhe dos vetores velocidade da região dos radiadores (em m/s).



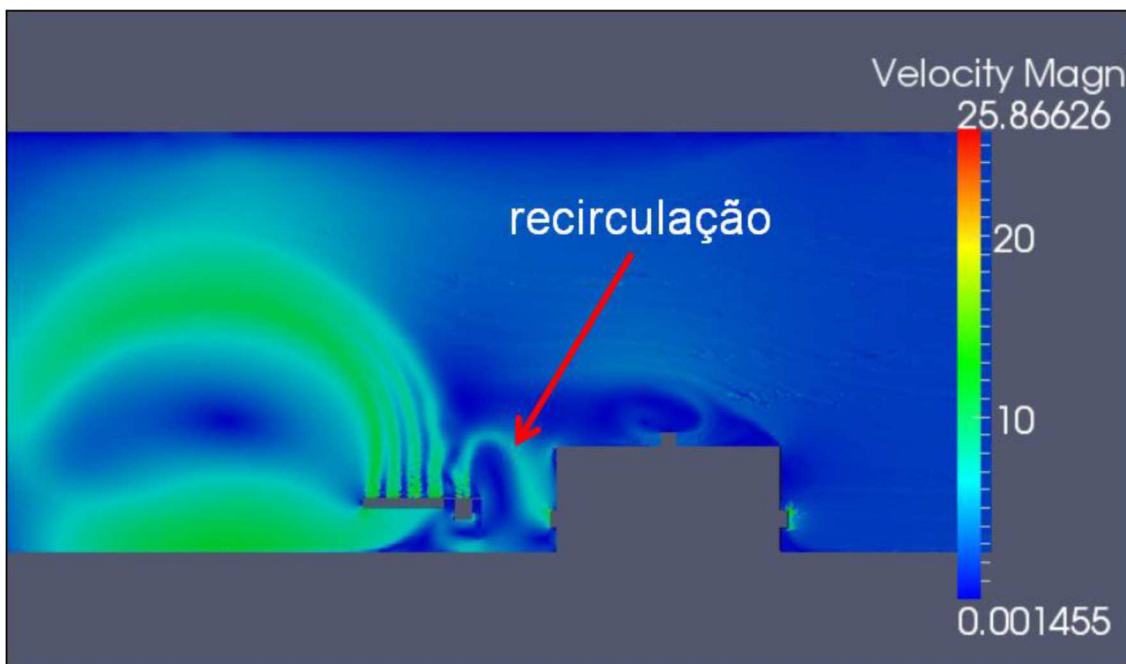
Fonte: FINGENER, 2013a, p. 06.

Figura 3 - Vista geral dos vetores de velocidade na região do cálculo.



Fonte: FINGERER, 2013b, p. 05.

Figura 4 - Simulação da circulação de ar para instalação dos resfriadores na Área 1.

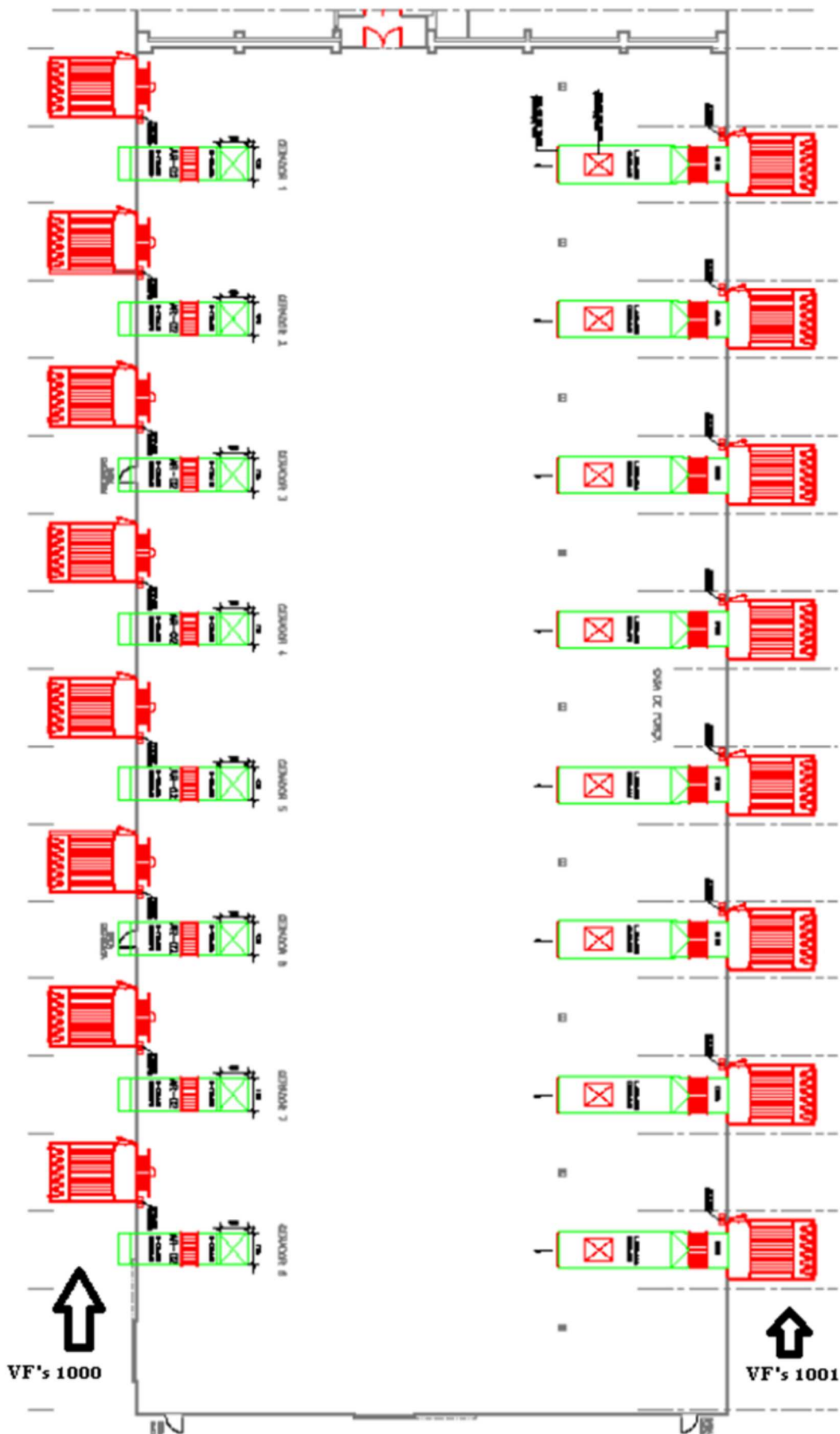


Fonte: ECM MURICY I, 2008, p. 27.

A temperatura máxima que é estimada na sala de geração para o funcionamento regular das unidades moto-geradoras é de 38,7°C, e o calor irradiado para ambiente interno (pelo motor, gerador e auxiliares elétricos) considerado originalmente para o cálculo do primeiro dimensionamento, contando com a dispersão dos insufladores, é de 843,4 kW por unidade motogeradora.

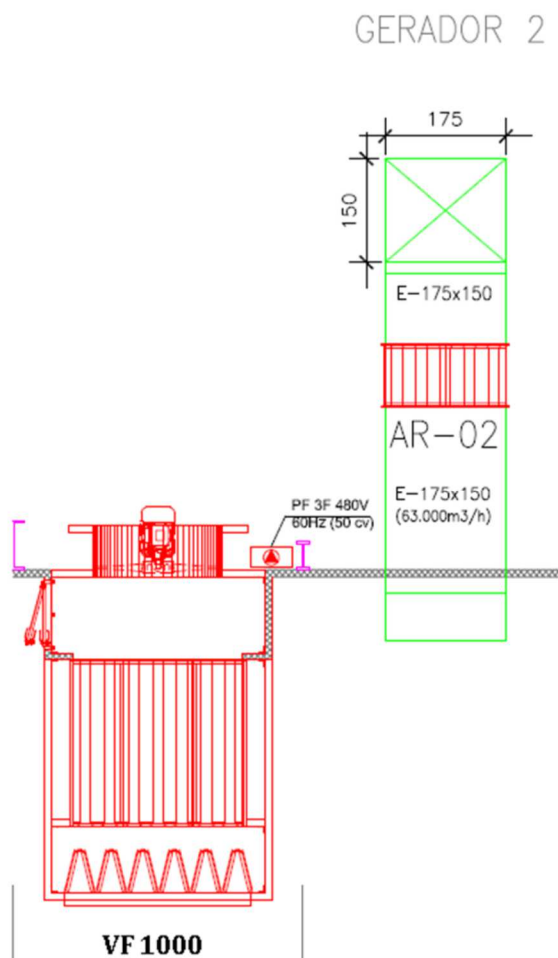
Cada insuflador instalado é composto de um motor de 50 cv, de rotação 890 rpm, IP55, 8 polos, 440 V (MAC ENGENHARIA; EFACEC, 2013). Todos estão operacionais e são ativos no momento da partida do motor. A Figura 5 ilustra as posições dos VF-1001 (Figura 7), que são todos os insufladores à direita da imagem:

Figura 5 - Localização dos insufladores na casa de máquinas.



Fonte: ECM MURICY I, 2008.

Figura 6 - Vista individual do insuflador VF-1000.

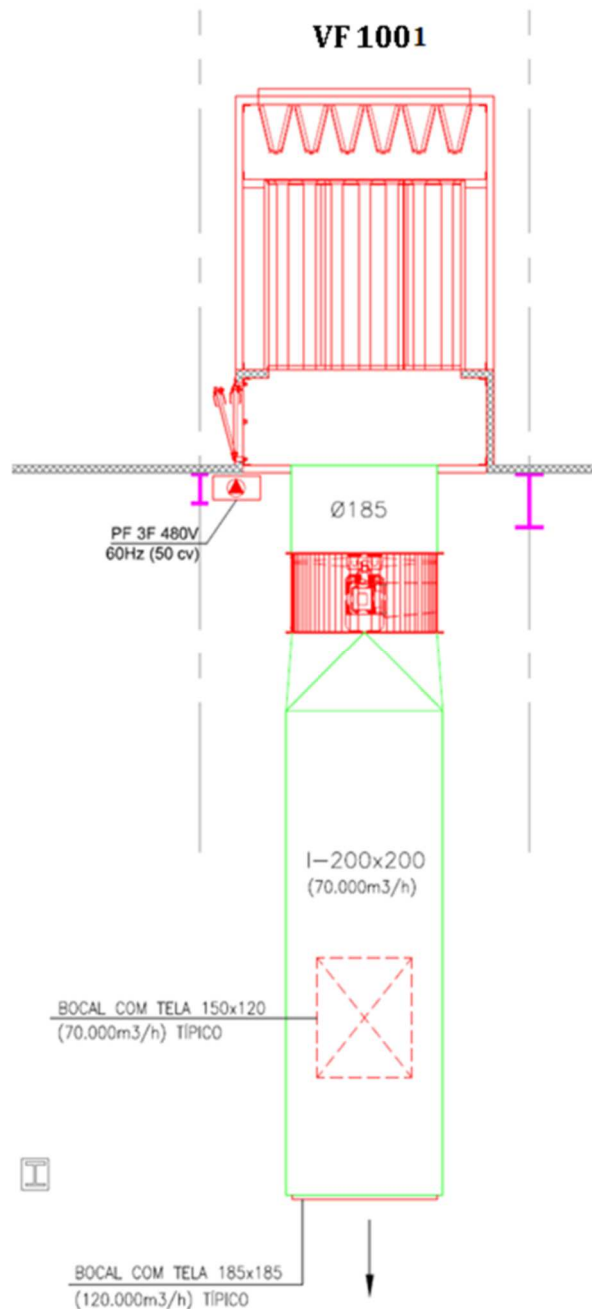


Fonte: ECM MURICY I, 2008.

Os exaustores eólicos tradicionais são compostos por aletas móveis externas (9) e dois aros internos: um montado fixo (4) e outro montado móvel (6). O processo de montagem e descrição dos principais componentes está detalhado na Figura 8. Podem ser instalados em qualquer tipo de telhas, com características protetivas em relação à corrosão atmosférica.

As principais medidas dependem de projeto: geralmente possuem 63 cm de altura, sendo 90cm em sua parte mais larga e 57,5 cm em sua extremidade, com capacidade de vazão de 4.000 m³/h, peso de 8,5 kg (VENT NORTE, [201-]). Não produz ruído adicional significativo, não permite entrada de água, é de fácil instalação e pode ser controlado com motor acoplado ao eixo principal (nesse caso, há gasto de energia elétrica por comando).

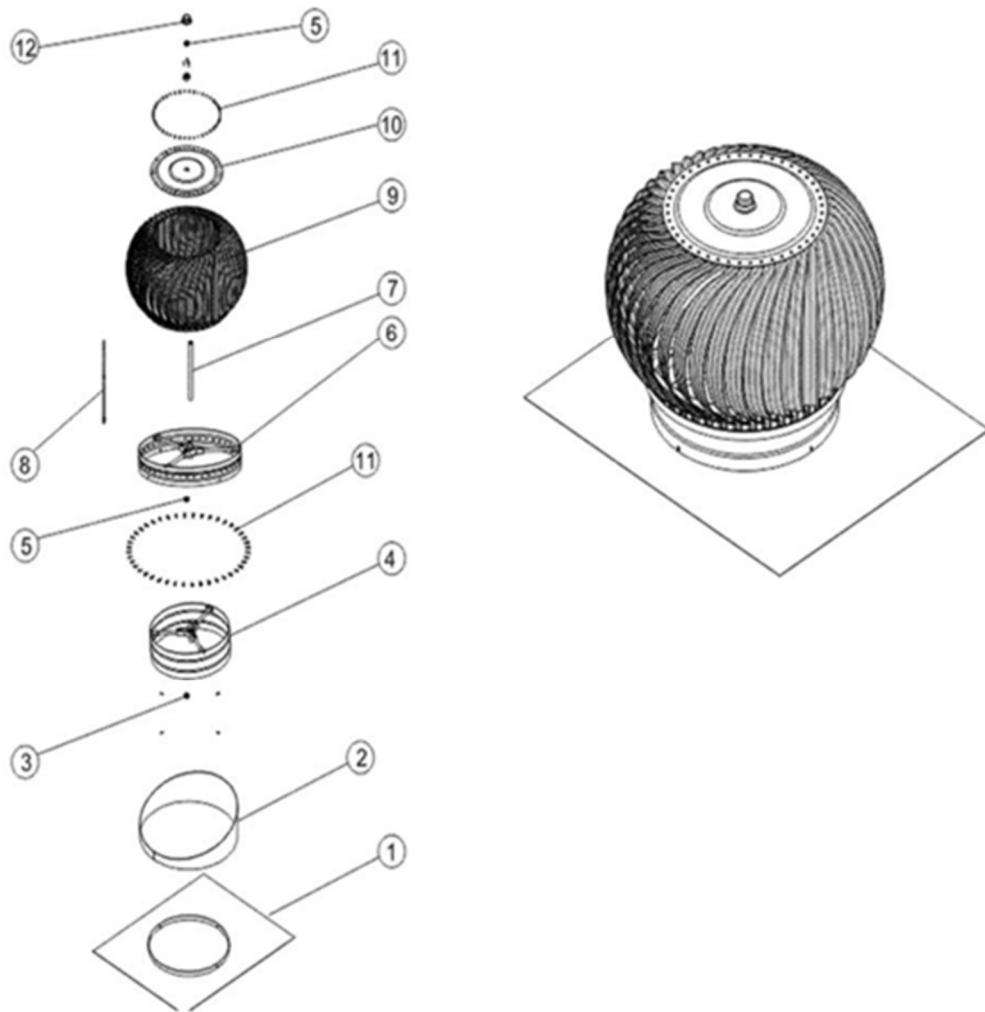
Figura 7 - Vista individual do insuflador VF-1001.



Fonte: ECM MURICY I, 2008.

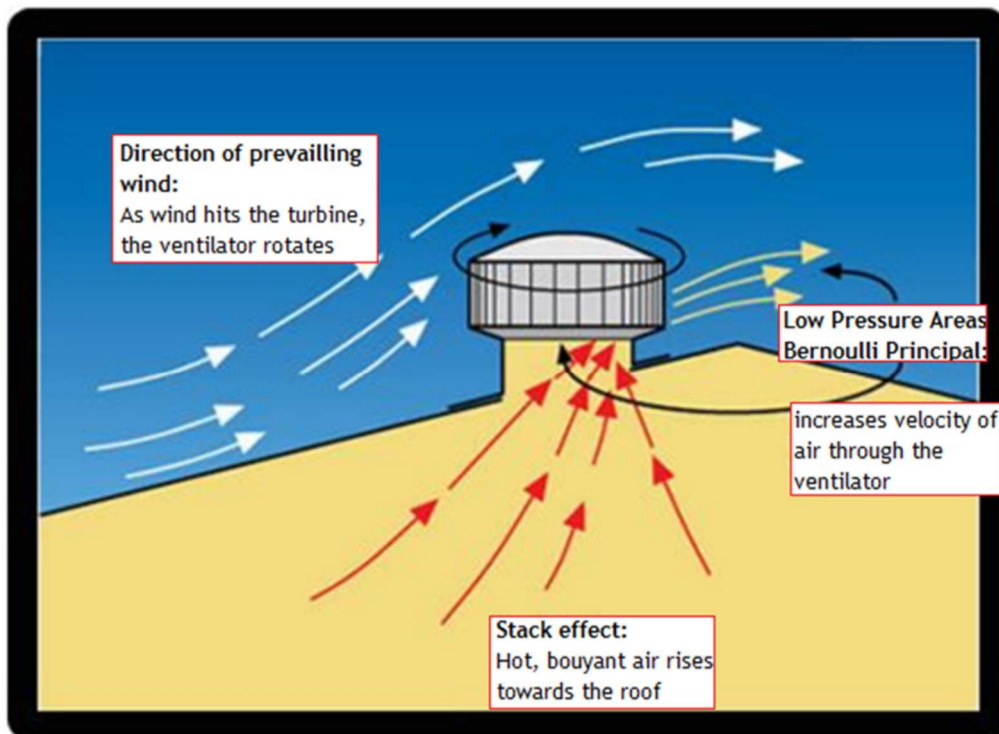
Também pode identificar a presença de contaminantes químicos presentes no ar, que são captados e acumulados nos filtros, de categoria a ser escolhida pelo usuário (ARTHUR, 1971). O acionamento ocorre de duas formas: pela força do vento externo (por efeito Bernoulli, Figura 9), que gera um vácuo interno e realiza a expulsão da carga aquecida, ou pela pressão da própria carga térmica do gás interno, que movimentam as aletas por dentro (por efeito Stack, Figura 9).

Figura 8 - Esquema construtivo do exaustor eólico.



Fonte: RENOVAR, [2015?].

Figura 9 - Efeitos Bernoulli e Stack (Chaminé).



Fonte: ARQUIGRAFICO, 2012.

Tabela 1 - Descrição e especificação dos materiais empregados em um exaustor eólico.

| POS | CÓDIGO | QNT. | DESCRIÇÃO | MATERIAL | PESO (Kg) |
|-----|-------------|------|---------------------------------|-----------------|--------------|
| 1 | 3.01.05.036 | 1 | Base 0,43x900x1100 | Galvalume | 2,4 |
| 2 | 3.01.05.016 | 1 | Nivelador | Galvalume | 0,806 |
| 3 | 4.03.04.004 | 1 | Porca Parlack PAC 7/16" x 9/16" | Aço Carbono | 0,005 |
| 4 | 3.01.05.009 | 1 | Aro fixo montado | - | 1,154 |
| 5 | 4.08.01.003 | 2 | Rolamento 620122 | Aço Carbono | 0,070 |
| 6 | 3.01.05.010 | 1 | Aro móvel montado | - | 1,006 |
| 7 | 3.01.05.017 | 1 | Tubo | Polipropileno | 0,048 |
| 8 | 3.01.05.012 | 1 | Eixo ø 11,85x580mm | Aço trel.8SMN28 | 0,490 |
| 9 | 3.01.05.001 | 44 | Aleta | Alumínio | 1,760 |
| 10 | 3.01.05.013 | 1 | Tampa com mancal | - | 0,620 |
| 11 | 4.03.04.004 | 88 | Rebite PDP 410 | Alumínio | 0,176 |
| 12 | 3.01.05.030 | 1 | Protetor do rolamento | Polipropileno | 0,014 |
| | | | | TOTAL | 8,549 |

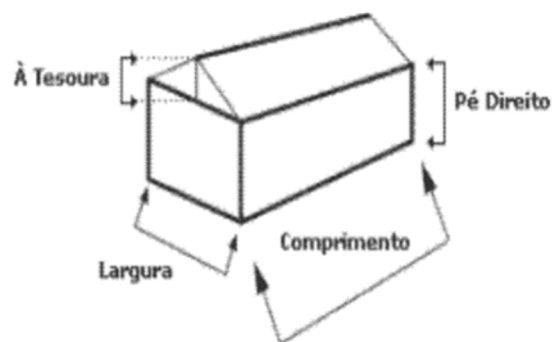
Fonte: RENOVAR, [2015?], adaptado pelo autor.

Em caso de ventos fortes, há a necessidade de instalação de braçadeiras para evitar danos ao conjunto (JAIN, [201-?]). A norma utilizada para cálculo é a ABNT NBR 6401 NB-10, que, embora tenha sido substituída pela ABNT NBR 16401, contempla melhor os fatores de trocas de ar/ hora para ambientes diversos e instalações com exaustores. A ABNT NBR 16401 se refere mais a projetos de instalação de ar condicionados e qualidade do ar.

Entretanto, da norma atual é possível considerar fatores como o da densidade média de pessoas que frequentam o ambiente, dissipações por fontes luminosas e cálculo de psicrometria (com as outras fontes de calor, como a proveniente das unidades auxiliares principais do motor [como os trocadores de calor, por exemplo], tubos e silenciadores de gases de escape, compressores de ar de partida, compressores de ar de serviço e controle e de outras tubulações com fluidos quentes) que serão importantes para a correção da definição inicial de projeto, que não os previu, assim como a exaustão dos geradores.

Portanto, segundo a ABNT NBR 6401 NB-10 e ASHRAE, cada ambiente requer um número de trocas de ar/ hora. No caso da *powerhouse*, chega a ser necessário de 80 trocas de ar/hora para manutenção das mesmas condições calculadas para os insufladores (VENTCENTER, [201-]). Calcular quantos exaustores seriam necessários é simples: bastaria multiplicar o comprimento, a largura, a altura e o número de trocas de ar/hora do local desejado e dividir o resultado por 4.000 m³/h. Como ilustra a Figura 10:

Figura 10 - Cálculos aplicados para instalação de exaustores em telhado formato tesoura.



BARRACÃO EM TESOURA

$$\text{Volume do Ar} = L \times C \times PD = m^3 B$$

$$\text{Volume da Tesoura} = AT \times L \times C \times 0,50 = m^3 A$$

$$\text{Volume Total} = m^3 A + m^3 B = Abm^3$$

$$\text{Vazão ar/hora} = Abm^3 \times r^{\circ} \text{ ABNT}$$

$$\text{Vazão } 4000 \text{ m}^3/\text{h gráfico} = N^{\circ} \text{ aparelho}$$

$$\text{Área Poluída } 1 \times 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Poluída } 1 \times 40 \text{ m}^2$$

Fonte: RENOVAR, [2015?].

Dadas as dimensões da casa de máquinas, ((31,2m * 73,8 m * 13,2 m) + (1 m * 31,2 m * 73,8 m * 0,5) (1.520.000 m³/h [VF 1000])), excluindo inicialmente as variáveis que não entraram no último cálculo, como a quantidade de pessoas que frequentam o local (uma média de 10 por dia, exceto em caso de uma preventiva do motor, que a quantidade pode chegar a pouco mais de 20 pessoas no recinto), as dissipações de calor com iluminação (que são de 22,5 kW no total), além de outras fontes que surgem com a operação

nominal (1,648 MW, no total), reputando que os insufladores VF-1001 invertam seu sentido de giro e fiquem responsáveis por 70% da exaustão da massa térmica, 75 exaustores eólicos (5 exaustores por quadrante), o que acarretaria um custo inicial (considerando custo unitário por exaustor de R\$ 200,00) de R\$ 15.000,00, que seria reposto em um dia no máximo.

Trata-se de um investimento a curto prazo. Se os VF-1001 ficarem responsáveis por apenas 50% da exaustão da massa térmica, seriam necessários 125 exaustores no telhado (8 exaustores por quadrante), com custo inicial de R\$ 25.000,00.

O presente quantitativo expresso em porcentagens define não apenas a corrente inversa a ser aplicada nos equipamentos insufladores VF-1001 que gera trocas de ar laterais que são benéficas para o turbo-charge do motor e aumento de vida útil do VF-1001 (redução que pode ser feita também por variador de frequência ou por relação polia-correia), mas também abrange a disponibilidade do telhado, em quesito de peso e espaçamento, de comportar exaustores eólicos com margem de segurança operacional, sendo que o tipo de proteção contra descargas atmosféricas utilizados é o da gaiola de *Faraday*, na qual a distância entre os fios componentes da malha são de 9,1 m no sentido do comprimento e de 10,38 m no sentido de largura, já contando com a medida da elevação no centro do telhado.

Podem-se instalar, ao todo, 9 exaustores por quadrante e, como há 16 quadrantes, o total seriam 144 exaustores, já inclusa a distância mínima entre eles de 1 m. Se utilizada a capacidade total para instalação, o custo total seria de R\$ 28800,00, também constituindo um investimento de curto prazo. As hipóteses citadas corroboram meramente outros modos de produção com menor quantidade de exaustores, utilizando como base a atribuição de massa térmica para o VF-1001.

Caso seja de interesse da unidade resolver o subdimensionamento dos insufladores, como já constatado, é possível expandir o sistema de ventilação com o acréscimo de insufladores na parte superior aos insufladores já instalados, com o fluxo direcionado para baixo com o dobro da capacidade calculada de operação equivalente ao VF-1001 mais a ventilação para as dissipações adicionais.

Com o aumento do sistema de insuflamento, o custo seria de aproximadamente R\$ 70.000,00 por unidade geradora. Importante, na implantação do projeto,

verificar a possibilidade de geração de energia quando os insufladores/exaustores estiverem desligados, por continuarem em rotação menor pela força dos ventos. Isso demandaria um estudo de viabilidade de instalação de rotor bobinado, com uso do anemômetro. Mas não há, neste artigo, a pretensão de entrar nesse mérito.

A vazão média do novo conjunto seria de 740000 m³/h para as unidades motogeradoras de 01-07, e 780000 m³/h para a unidade motogeradora 08. Foram feitos os cálculos pelo método usado pela EFACEC (empresa que dimensionou os insufladores) e o método através dos dados obtidos da BWSC. A esse valor, somaram-se os 190000 m³/h do vf-1001 e foi selecionado o maior valor entre os dois. Para especificação da vazão média do novo conjunto insuflador (vf-1002), entraram as seguintes tabelas na equação:

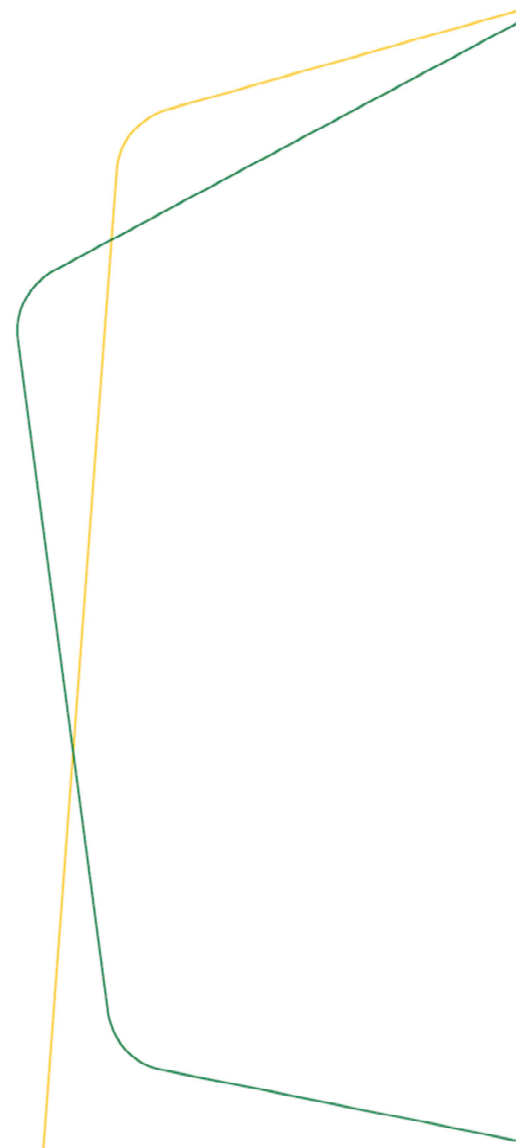


Tabela 2 - Tabela de emissão de calor e fluxo de ar necessário para ventilar as unidades motogeradora 01 - 07.

| Equipamento | Emissão de calor da unidade (kW) | Fluxo de massa de ar ventilado (kg/s) para manter $\Delta T = 4^\circ C$ |
|--|----------------------------------|--|
| Unidades auxiliares principais do motor | 165 | 41,2 |
| Tubos e silenciadores de gases de escape | 30 | 7,50 |
| Outras tubulações com fluidos quentes | 5 | 1,20 |

Fonte: BWSC, 2007, adaptado pelo autor, p. 04.

Tabela 3 - Tabela de emissão de calor e fluxo de ar necessário para ventilar a unidade motogeradora 08.

| Equipamento | Emissão de calor da unidade (kW) | Fluxo de massa de ar ventilado (kg/s) para manter $\Delta T = 4^\circ C$ |
|--|----------------------------------|--|
| Unidades auxiliares principais do motor | 165 | 41,2 |
| Tubos e silenciadores de gases de escape | 30 | 7,50 |
| Compressores de ar de partida | 24 | 6,00 |
| Compressores de ar de serviço e controle | 24 | 6,00 |
| Outras tubulações com fluidos quentes | 5 | 1,20 |

Fonte: BWSC, 2007, adaptado pelo autor, p. 04.

Tabela 4 - Descrição e especificação dos materiais empregados em um exaustor solar.

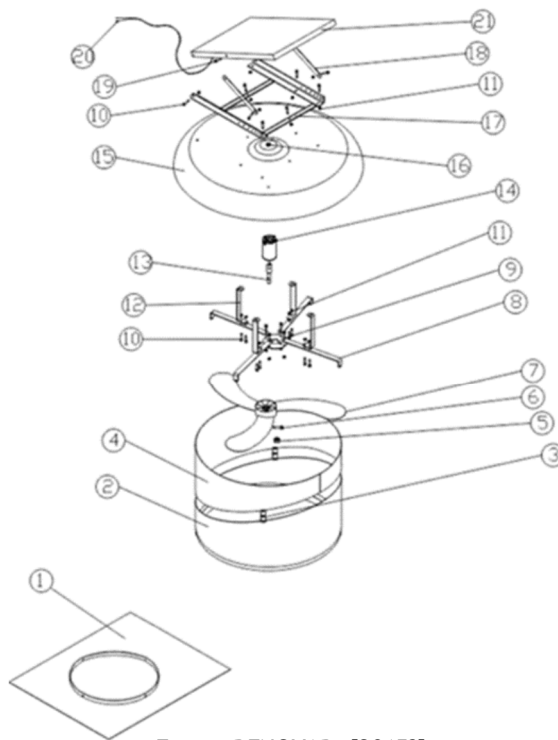
| POS | CÓDIGO | QNT. | DESCRIÇÃO | MATERIAL | PESO (Kg) |
|-----|-------------|------|---|-------------------|--------------|
| 1 | 3.01.07.038 | 1 | Base galvanizada | Chapa galvanizada | 2,425 |
| 2 | 3.01.07.002 | 1 | Nivelador inferior | Chapa galvanizada | 2,240 |
| 3 | 3.01.07.003 | 2 | Chapa trava nivelador | Alumínio | 0,002 |
| 4 | 3.01.07.001 | 1 | Nivelador superior | Chapa galvanizada | 2,140 |
| 5 | 4.03.02.016 | 1 | Porca <u>rarlock</u> 7x16/14 | Aço zincado | 0,005 |
| 6 | 4.03.01.027 | 1 | Parafuso M3x30 Allen | Aço zincado | 0,001 |
| 7 | 4.05.01.050 | 1 | Hélice plástico solar | Plástico | 0,260 |
| 8 | 3.01.07.011 | 4 | Suporte do motor | Aço zincado | 0,520 |
| 9 | 3.01.07.004 | 1 | Disco suporte do motor | Aço zincado | 0,130 |
| 10 | 4.03.01.031 | 22 | <u>Parafuso</u> Allen M5x30 ZINC Branco | Aço zincado | 0,110 |
| 11 | 4.03.02.002 | 26 | Porca M5 zincada | Aço zincado | 0,052 |
| 12 | 3.01.07.012 | 4 | Suporte da tampa | Aço zincado | 0,340 |
| 13 | 3.01.07.005 | 1 | Bucha da hélice galvanizado | Aço galvanizado | 0,060 |
| 14 | 4.04.01.041 | 1 | Motor corrente contínua 12V solar | - | 0,955 |
| 15 | 3.01.07.007 | 1 | Tampa do solar | Alumínio | 1,345 |
| 16 | 3.01.07.010 | 1 | Passa fio | Borracha | 0,001 |
| 17 | 3.01.07.008 | 1 | Base reguladora do módulo | Aço zincado | 1,500 |
| 18 | 3.01.07.009 | 2 | Haste reguladora do módulo | Aço zincado | 0,095 |
| 19 | 4.03.01.030 | 4 | <u>Parafuso</u> Allen M5x30 ZINC Branco | Aço zincado | 0,008 |
| 20 | 4.07.01.001 | 1 | Terminal Fêmea | - | - |
| 21 | 3.01.07.006 | 1 | Módulo solar | - | 2,560 |
| | | | | TOTAL | 14,75 |

Fonte: RENOVAR, [2015?], adaptado pelo autor.

Para essa mesma finalidade existe também no mercado os exaustores solares, que podem ser do tipo *stander*, no qual a energia obtida pela placa fotovoltaica seria inteiramente usada no processo de exaustão, ou híbrida, funcionando também à noite, com a alimentação da rede. Pode comportar movimento em sua estrutura para melhor absorção dos raios solares e consequente melhor produção energética durante o dia.

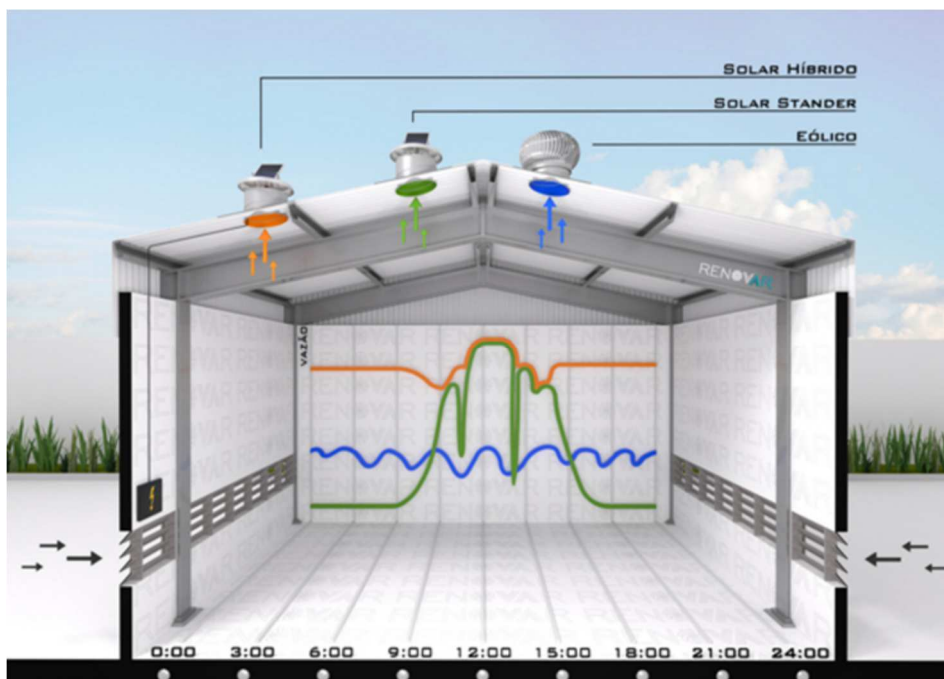
Também não há infiltração de água para o interior da casa de máquinas. Possui uma placa fotovoltaica monocristalina de 20W e 12V, onde será gerada a energia para motor de 30W e 12V de corrente contínua (Figura 11). Sua desvantagem é quanto ao investimento inicial, que é maior. A Figura 12 explica qual dos três sistemas é mais eficiente, em função do tempo.

Figura 11 - Esquema construtivo de um exaustor solar.



Fonte: RENOVAR, [2015?].

Figura 12 - Estudo estimativo de vazão dos equipamentos em um dia típico de verão.



Fonte: RENOVAR, [2015?].

Para essa aplicação, seria preciso um investimento (considerando R\$1.600,00 a unidade) R\$ 120.000,00 inicial, com previsão de retorno também em um dia. Seria, igualmente, um investimento a curto prazo.

A Unidade de Operações FAFEN de Sergipe possui normas internas registradas na Petrobras pertinentes para as aplicações e instalação de exaustores que podem auxiliar no planejamento de manutenção dos exaustores a ser implantados na Muricy, as que seguem abaixo:

- PG-100-00028 - Liberação, isolamento, bloqueio, raqueteamento e aviso (libra);
- PP-100-00025 - Permissão para trabalho;
- PG-200-00037 - Análise crítica do sistema de gestão integrada;
- PG-200-00042 - Competência, conscientização e treinamento;
- PG-200-00048 - Gestão de resíduos sólidos;
- PE-5AS-00054 - Plano de manutenção de equipamentos dinâmicos;
- PE-5AS-00378 - Procedimento de atendimento aos clientes da manutenção;
- PE-4AS-00041 - Exigências de segurança, meio ambiente e saúde para contratadas;
- PE-3AS-00058 - Segregação, acondicionamento, armazenamento e destinação de resíduos sólidos e semissólidos;
- PE-3AS-00026 - Equipamento de proteção individual;
- PP-100-00007 - Tratamento de anomalias;
- PE-5FM-00201-0 - Manutenção e revisão geral de sopradores, exaustores e ventiladores;
- PE-5AS-00258-H - Manutenção dos exaustores SP-129403 A/B/C/D (Procedimentos);
- PE-5AC-01139-C - Turbo ventilador insuflador e exaustor (Testes).

4 CONCLUSÕES

Com todos os fatores apresentados, é verídico postular que o uso dos insufladores VF-1001 na casa de máquinas seria mais eficaz se invertido o seu sentido de rotação, dirimindo custos de manutenção ao estender a vida útil das peças dos motores que realizam troca de calor com a temperatura ambiente da casa de máquinas. Verifica-se uma melhoria nos indicadores de qualidade de trabalho (iluminação, salubridade e ventilação) da *powerhouse*, assim como um melhor controle térmico dos equipamentos instalados, que permite a operação dos mesmos com maior confiabilidade e em outras faixas de trabalho, com a recuperação do investimento inicial em um dia.

ABSTRACT

One of the problems faced by thermic based power plants is concerning the intake air temperature: that influences the quantity of fuel injected needed to keep the mixture air/fuel constant and the quality of the resultant burning. The thermoelectric plant Muricy expanded its cooling capacity with the installation of evaporative cooling systems to assist them in the same tasks of the old systems of HT and LT. Concomitantly, the intercooler would serve this purpose, in a independent way and at different stages. Notwithstanding this increase of capacity, the ideal temperature conditions were not met for motor operation (air intake) as well as the environment temperature of the engine room, including non-compliance with NR-15 requirements. This study supports the use of exhausters that, together with the installed blowers, can supply this temperature deficiency of components of the generating units and their auxiliaries, and still bring benefits such as extra lighting, air quality reestablishment and continuous ventilation on the equipment of the powerhouse, bringing chain advantages to the whole production, to allow greater operating range with reliability.

Keywords: Temperature. Engine's Room. Exhausters. Moto-generators. Cost-effective.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6410 N10:** instalações centrais de ar-condicionado para conforto: parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **ABNT NBR 5484:** Motores alternativos de combustão interna de ignição por compressão (diesel) ou ignição por centelha (otto) de velocidade angular variável. Rio de Janeiro, 1978.

ARQUIGRAFICO. **Wind driven roof ventilators:** how cool an space without electricity. 2012. Disponível em: < <http://www.arquigrafico.net/wind-drivenroof-ventilators-how-cool-an-space-withoutelectricity/>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

ARTHUR D. LITTLE. Chemical identification of the odor components in diesel engine exhaust. **Final report (year 3)**. coordinating research council and environmental protection agency. Cambridge. 1971. Report n. ADL 62561-5. Disponível em: <<http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/9101G0ZG.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=Prior+to+1976&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A\zyfiles\Index%20Data\70thru75>>

\Txl\0000021\9101G0ZG.txt &User= ANONYMOUS&Password= anonymous&SortMethod=h| - &MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/75g8/x150y150g16/i425&Display=p|f&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back =ZyActionS&BackDesc =Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL> . Acesso em: 10 mar. 2016.

BWSC, MAN. Heat emmision, from bwsc supplied equipment: 2956.M0.V01. nov. 2007. Projeto.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Resolução nº 01/78. Aprova o texto normativo em anexo, como: a) Norma Brasileira Compulsória (NBR1); b) NBR 5929 - Motores de combustão interna alternativos veiculares a etanol (Especificação). Brasília, DF, 1978. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000099.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

CONTESINI, Leonardo. Como funciona a injeção eletrônica?, 2014. Disponível em: <www.flatout.com.br/como-funciona-a-injecao-eletronica/>. Acesso em: 18 mar. 2016.

ECM MURICY I. Projeto de instalação dos insufladores na casa de máquinas. 2008. Arquivo AutoCAD.

FINGENER. Radiadores x sala de máquinas: impacto da região de estagnação do vento sobre a recirculação da descarga dos radiadores. Energética Camaçari Muricy I. 2013a. Relatório. Word.

_____. Ampliação do sistema de arrefecimento dos motores. Energética Camaçari Muricy I. 2013b. Estudo preliminar. PDF.

JAIN, Helen. How to keep rain from blowing in attic vents, [201-?]. Disponível em: <http://www.ehow.com/how_7571800_keep-rain-blowing-atticvents.html>. Acesso em: 19 mar. 2016.

MAC ENGENHARIA: EFACEC. UTE MURICY I: sistema de ventilação mecânica da casa de força. 2013. Memorial de cálculo. Word.

META. UTE MURICY I. Avaliação da exposição ocupacional ao agente físico calor. Camaçari, 2015. Relatório.

MTE-THOMSON INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Informações técnicas, diagnóstico dos componentes, verificação de circuitos e componentes, sistema de arrefecimento. 2010. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3200917-Infomacoes-tecnicas-diagnosticodos-componentes-verificacao-de-circuitose-componentes-sistema-de-arrefecimentotemperatura-e-injecao-eletronica.html>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

PETROBRAS. Avaliação da classificação de áreas da UTE MCY I: RL-9304.00-7501-94A-PEI-001. abr. 2015. Relatório.

RENOVAR. Exaustor eólico: Renovar Ventilação, [2015?]. Disponível em: <<http://www.renovarventilacao.com.br/produtos/exaustoreolico/>> Acesso em: 17 mar. 2016.

UTE CAMAÇARI MURICY I. Sistema de proteção de descarga atmosférica cortes e detalhes: C-E73700008-1-304. jun. 2008. Projeto.

VENTCENTER INDUSTRIAL. Exaustor eólico. [201-]. Disponível em: <<http://www.ventcenter.com.br/exaustor-eolico.php>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

VENT NORTE. Exaustor axial e exaustor eólico em São Paulo: ventilação industrial. [201-]. Disponível em: <<http://www.ventnorte.com.br/exaustor-axial-eolico-ventilacao-industrial-saopaulo.html>>. Acesso em: 17 mar. 2016.



Vitor Mascarenhas Péres

Técnico (2015) em Eletrotécnica pelo IFBA. Petrobras. GE/OAE/UTE-MCY-ABPBH1/OM-MCY - Salvador, BA
E-mail: vitormascarenhas@petrobras.com.br



Sonaldo Vital de Oliveira Junior

Graduação (2009) em Engenharia Elétrica pela UFCG. Petrobras. GE/OAE/UTE-MCYABP-BH1/OM-MCY - Salvador, BA.
E-mail: sonaldo@petrobras.com