

ESCOLA POLITÉCNICA

PECE - PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA ESPECIALIZAÇÃO EM
ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUIDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

ALESSANDRO BALDUINO SILVA

Introdução de Melhorias de Consumo Energético em uma Indústria de Vidros

SÃO PAULO

2018

ALESSANDRO BALDUINO SILVA

Introdução de Melhorias de Consumo Energético em uma Indústria de Vidros

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à banca examinadora da Escola Politécnica,
PECE – Programa de Educação Continuada,
Especialização em Energias Renováveis,
Geração Distribuída e Eficiência Energética,
sob orientação do Professor Msc. Eduardo
Yamada.

São Paulo
2018

ALESSANDRO BALDUINO SILVA

Introdução de Melhorias de Consumo Energético em uma Indústria de Vidros

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à banca examinadora da Escola Politécnica,
PECE – Programa de Educação Continuada,
Especialização em Energias Renováveis,
Geração Distribuída e Eficiência Energética,
sob orientação do Professor Msc. Eduardo
Yamada.

Aprovado em 28 de Agosto de 2018.

Prof. Msc. Dr. José Roberto Simões Moreira
PECE – Programa de Educação Continuada – Escola Politécnica

Prof. Msc. Eduardo Yamada
PECE – Programa de Educação Continuada – Escola Politécnica

Prof. Msc. Akira Kato
PECE – Programa de Educação Continuada – Escola Politécnica

Dedico este trabalho a minha família em especial a meu filho Heitor Balduíno, sem eles não seria capaz de percorrer mais esse caminho

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Eduardo Yamada pela contribuição, para a conclusão deste trabalho, e pela dedicação constante ao meu amadurecimento profissional. À minha família, pois, sem o seu apoio e carinho não teria conseguido concluir essa etapa da minha vida com tanto orgulho e realização, em especial ao meu filho Heitor Balduíno, que apesar de sua pouco idade, soube entender a importância desta fase para nosso futuro, mesmo com a ausência que se fez necessária, devido as horas de estudo.

A Fanavid, Fábrica Nacional de Vidros de Segurança, de um modo geral, que depositou sua confiança novamente em meu trabalho, bem como sua equipe técnica, que se tornaram nossos parceiros de aprendizado.

“O esforço de dois ou mais indivíduos trabalhando como unidade em direção a uma meta comum é maior do que a soma dos esforços dos indivíduos trabalhando individualmente.”

William B. Cornell

RESUMO

Este trabalho apresenta a implantação de um Sistema de Supervisão e Gerenciamento de Energia Elétrica na planta industrial da empresa Fanavid, Fabrica Nacional de Vidros de Segurança, visando atender às necessidades da empresa em uma mudança no conceito de gestão da energia elétrica e aprimorando sua capacidade de realizar contratos de energia elétrica no Ambiente de Contratação Livre, mitigando sua exposição às variações do mercado. Além disso, a Gestão de Energia tornou a composição de custos mais precisa, levando em consideração medições individuais de seus equipamentos a procura por reduções de consumo, através de estudos e análises para eficiência energética desses equipamentos.

ABSTRACT

This work presents an implementation of a Supervisory System and Energy Management System, in the industrial plant of the company Fanavid, National Security Glass Factory, looking for meet the needs of the company in a change in the concept of electric energy management. Improving its capacity to contract electrical energy in the Free Contracting Market, mitigating its exposure to market variations. Making the composition more precise, taking into account individual measurements of your equipment and the demand for consumption reductions, through studies and analyzes for energy efficiency of these equipments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gerenciador.....	18
Figura 2 - Custo Energia Elétrica 2018.....	21
Figura 3 - Instrumentos Instalados	23
Figura 4 - Multimedidor.....	24
Figura 5 - TC Bipartido Fechado.....	25
Figura 6 - TC Bipartido Aberto.....	25
Figura 7 - Montagem Painel Principal	27
Figura 8 - Montagem no Painel Elétrico.....	28
Figura 9 - Diagrama Unifilar Trafo 6	30
Figura 10 - Arquitetura da Rede SE-Principal e SE-01	32
Figura 11 - Arquitetura da Rede SE-02 e SE-03.....	33
Figura 12 - Tela Supervisório Autoclave Bus.....	34
Figura 13 - Tela Supervisório Autoclave Autos	35
Figura 14 - Projeção de Consumo Agosto 2018	37
Figura 15 - Consumo Ativo Forno HTF.....	39
Figura 16 - Consumo Ativo Forno KBFO.....	40
Figura 17 - Custo Curvação de Vidro Bus kWh/peça	42
Figura 18 - Supervisão Autoclave Bus em Patamar, Pressão 12bar.....	43
Figura 19 - Supervisor Autoclave Bus em Resfriamento	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição e Nomenclatura dos Medidores	31
Tabela 2 - Custo m ² de vidro HTF X KBFO.....	38
Tabela 3 – Fluxo de Caixa	45
Tabela 4 – Valor Presente Líquido	46

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador Lógico Programável
TC	Transformador de Corrente
kV	Kilo-Volt
kW	Kilo-Watt
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACC	Ambiente de Contratação Cativo
PLD	Preço da Liquidação das Diferenças
DC	Corrente Contínua
AC	Corrente Alternada
PWM	Modulação por Largura de Pulso
kWh	Kilo-Watt-Hora
MWh	Mega-Watt-Hora
LP	Longo Prazo
CP	Curto Prazo
A	Ampère
V	Volt
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivo Geral	14
1.2 . Específicos	14
1.3. Justificativa.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Gerenciamento de Energia Elétrica.....	16
2.2. Gestão de Eficiência Energética	18
3. METODOLOGIA	20
3.1. Apresentação da Empresa	20
3.2. Estudo de Causa	21
3.3. Distribuição das cargas.....	22
3.3.1. Identificação dos instrumentos de medições instalados	23
3.4. Escolha dos medidores.....	24
3.5. Montagem dos Painéis.....	26
3.6. Configuração do Sistema de Supervisão e Gerenciamento	31
3.7. Arquitetura de rede de comunicação	32
3.8. Telas de Supervisão Instantânea.....	33
3.9. Relatórios Gerados pelo Gerenciador	35
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	36
4.1 Controle do consumo.....	36
4.2 Custo kWh/peça e R\$/peça	40
4.3 Análise de Consumo Autoclave Bus	42
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

Cada dia mais soluções para redução do consumo são necessárias e, por conta disto, o gerenciamento da energia elétrica, através de ferramentas de monitoramento, é utilizado nos empreendimentos, fornecendo informações para tomada de decisão e planos de ação.

A entrada de uma instituição no ACL (Ambiente de Contratação Livre) exige um comprometimento constante com as necessidades de consumo desta instituição, assim como seu completo entendimento da característica e perfil de consumo, para que sejam mitigadas os riscos de exposição ao PLD (Preço da Liquidação das Diferenças), que podem causar grande prejuízo em um contrato que seja menor do que seu consumo, obrigando uma compra a CP (Curto Prazo) no mercado “Spot” ao preço do mercado em valor superior ao do contrato firmado. Porém, realizar contratos onde o consumo seja inferior ao contratado, não diminui essa exposição, pois a venda ou cessão do excedente pode ser desastrosa, vendendo esse excedente por um valor inferior ao do contrato.

Qual seria a solução para uma boa contração?

Na verdade, são uma série de procedimentos, medições, estudos, mesurando os consumos dos diferentes processos e setores destas instituições que apresentam características e condições particulares, tornando cada caso único e exclusivo.

As medições podem ser realizadas na carga total em uma cabine primária, por setores em transformadores em cabines secundárias, ou de forma individual por equipamento. Os instrumentos de medições analógicos, sejam eles registradores ou acumuladores são eficazes para tais ações, mas não são eficientes. De maneira geral, precisam ser coletados manualmente, de forma regular, diariamente ou de hora em hora e registrados em planilhas, gerando uma grande dificuldade e imprecisão das informações.

A substituição desde equipamentos por equipamentos digitais, interligados a uma rede como a Internet e a um gerenciador, fornece informações precisas e confiáveis que, dependendo de sua arquitetura, é capaz de monitorar e informar o consumo tanto de uma planta inteira como de um equipamento específico.

Com essas informações é possível, além de estabelecer contratos de ACL com menos riscos, iniciar uma política de eficiência energética, identificando equipamentos pouco eficientes e possíveis soluções para aumento desta eficiência, na qual a redução do consumo de energia viabilize, este investimento podendo se tratar de um “*upgrade*” de um medidor antigo, ou mesmo a substituição por um novo instrumento mais eficiente.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho apresenta a implantação de um Sistema de Medição e Gerenciamento de Energia Elétrica, na Empresa Fanavid composto por 29 medidores individuais, para levantamento de informações para estudo de eficiência energética nos equipamentos e processos da indústria.

1.2. Específicos

Além disto, serão avaliados os seguintes objetivos específicos:

- Realizar medições individuais em três fornos de para-brisas do segmento de ônibus;
- Identificar possíveis pontos de desperdício de energia elétrica, no equipamento de prensagem de para-brisas de ônibus;
- Projetar o consumo dos equipamentos, realizar o comparativo com a disponibilidade do contrato e avaliar a necessidade de compra de energia no Ambiente de Contratação Livre, para redução da exposição da empresa com as oscilações de contratações pelo spot.

1.3. Justificativa

A energia elétrica tende a se tornar num dos insumos mais onerosos nas empresas, já que a matriz energética brasileira, baseada na fonte hídrica, ano a ano, sofre com as frequentes estiagens que eleva o custo da geração devido a entrada de fontes térmicas a combustíveis fósseis.

Procurando atender às necessidades da empresa, esse projeto visa aumentar a eficiência energética dos processos de produção, utilizando cada vez menos energia elétrica para produzir mais, ou seja, elevando a produtividade. Agregando a entrada no Ambiente de Contratação Livre em 2016, a implantação do gerenciador irá auxiliar a cliente e operadores a tomar decisões nas contratações mais seguras, tendo em vista o recente aumento do seu parque industrial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Gerenciamento de Energia Elétrica

Segundo Okuhara (2009), eficiência energética é o menor consumo de energia para a realização de uma determinada atividade. Entenda-se por atividade, qualquer processo em que se obtenha, ao final do mesmo, um produto ou serviço com características bem definidas (exemplo produzir 500 ton de alumínio em lingotes, bombear 100 m³ de água para um reservatório a 30m de altura, aquecer 2l de água de 25°C para 80°C).

A redução do consumo pode ser obtida com as seguintes medidas:

Melhorar a disciplina na execução da atividade (Exemplo: desligar as luzes de um ambiente desocupado);

Adequar a forma de controle do processo (Exemplo: utilizar uma chave-bóia para desligar uma bomba quando o reservatório estiver cheio e ligá-la quando estiver vazio);

Utilizar equipamentos ou sistemas mais eficientes (Exemplo: utilizar uma lâmpada fluorescente compacta no lugar de uma lâmpada incandescente).

A adoção dessas medidas, além de trazer benefícios diretos para o usuário, como (redução de custos e melhoria da competitividade), trazem também grandes benefícios para a sociedade, pois contribuem para o desenvolvimento sustentável ao utilizarem menos recursos naturais e menor consumo energético, reduzindo os impactos ambientais com a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa para a atmosfera. [1]

De acordo com KRAUSE (2002), é de suma importância para o surgimento da conscientização do uso eficiente da energia o comprometimento de todos os usuários da instalação. Cabe ao administrador da organização criar o ambiente necessário à integração das pessoas, com elaboração de informativos de acompanhamento de resultados obtidos e metas traçadas.

Para tanto é necessário o conhecimento dos dados da instalação, como:

- Elaboração de planilha contendo os valores de consumo de energia (kWh) e demanda (kW) dos últimos dois meses;
- Levantamento das cargas existentes na instalação, cadastro dos

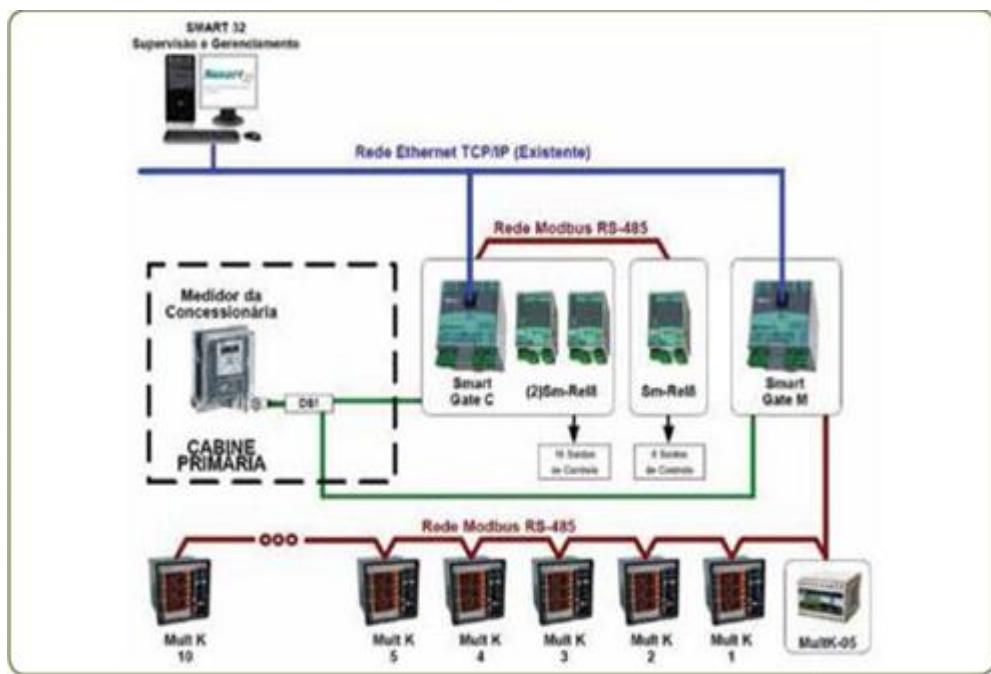
equipamentos, com identificação da potência (kW), quantidade e o ambiente a que pertence;

- Listagem dos principais equipamentos consumidores de energia elétrica da instalação com identificação do período de operação e do número de horas de funcionamento dos mesmos, utilizando a planilha de estratificação de cargas (o consumo estimado é obtido pela multiplicação da potência pelo número de horas de funcionamento por dia e pelo número de dias por mês);
- Divisão percentual das cargas de forma a direcionar as ações nas maiores cargas, onde certamente estarão os maiores ganhos de energia;
- Criação de uma comissão de energia, nomeando um responsável por cada setor e promoção de reuniões semanais com estas pessoas;
- Solicitação de sugestões de melhoria de eficiência aos responsáveis de cada setor, assim como as pessoas com quem eles trabalham;
- Estabelecimento de metas possíveis de serem atingidas e divulgação em cartazes, motivando os funcionários a participar da campanha de redução do desperdício da energia;
- Se possível, a reversão do valor economizado em aquisição de equipamentos mais eficientes no uso da energia. Como exemplo, aquisição de lâmpadas fluorescentes compactas em substituição das lâmpadas menos eficientes.

[4]

A análise da demanda tem por objetivo a sua adequação às reais necessidades da unidade consumidora. Devem ser analisadas as demandas de potência contratada, medidas (ou registradas) e as efetivamente faturadas. [5]

Figura 1 - Gerenciador



Fonte: <https://www.osetoreletrico.com.br>

2.2. Gestão de Eficiência Energética

Segundo Mosko, Pilattie e Pedroso (2010), gestão eficiente da energia elétrica no ambiente industrial pode ocorrer de diversas formas. Todavia, é pertinente ressaltar que tal trabalho deve ser desenvolvido para uma perspectiva integrada entre a gestão ambiental, estrutura organizacional, áreas de gestão de recursos humanos, produção e engenharia.

A conservação de energia na indústria demanda tempo, reflexão e dedicação para que os esforços sejam direcionados para o foco correto. A criação de um corpo de elementos responsáveis pela implementação do plano de conservação deve ser realizada de modo em que exista plena integração entre os diversos setores da empresa. Deve ser demonstrado de forma clara quais serão os objetivos e que aspectos terão de ser abordados pelo plano de conservação, para que então, seja possível a obtenção de uma maior aderência e menor resistência por parte dos colaboradores.

Os trabalhadores da operação, ou perfil operacional, funcionalmente, estarão menos envolvidos pelo plano. Porém, estes fomentarão o grupo responsável pelo planejamento do plano, fornecendo informações de maior relevância para as

tomadas de decisões. Os investimentos para a implementação do plano de conservação de energia devem ocorrer, não somente em equipamentos e novas tecnologias, mas, também, em treinamentos de pessoal e consultorias especializadas.

Frente ao cenário apresentado, destaca-se que o entendimento da aplicação da eficiência energética e os seus respectivos benefícios representam uma maneira prática para que empresários, profissionais e pesquisadores atuem na estrutura organizacional das indústrias, no intuito de resolver a problemática tão discutida na Sociedade do Conhecimento. [8]

O uso inteligente e eficiente da energia elétrica, bem como seu tratamento e controle feitos de maneira responsável e racional geram repercussão para empresários, para a economia e para a sociedade. Cada uma dessas partes se beneficia de uma forma diferente. Para os empresários, há uma redução dos custos operacionais. Na economia, uma maior disponibilidade de energia a impulsiona. A sociedade tem seus recursos naturais tratados de forma correta e adequada, visando à preservação do meio ambiente. [10]

A utilização da energia apresenta aspectos variáveis. Essa variação pode ocorrer desde a instalação de novas tecnologias, remodelação da utilização de equipamentos e máquinas, bem como uma correta manutenção e o transcorrer das operações. [11]

Conforme definição do Guia de eficiência energética nas micro, pequenas e médias empresas, publicado pelo SENAI (2005), entende-se por “Sistema de Gestão Energética o conjunto de estratégias, táticas, ações e controles destinados a converter recursos em resultados” e por “Uso Eficiente de Energia a implementação de um conjunto integrado de ações que possibilite a melhoria do processo de utilização e consumo de energia, transformando resultados em lucro”. A economia de energia não deve ser alcançada através da diminuição qualitativa e quantitativa de serviços prestados ou disponíveis. Deve sim ser baseada numa relação custo/benefício que garanta os benefícios com baixo custo. [12]

3. METODOLOGIA

3.1. Apresentação da Empresa

Única empresa brasileira a fabricar vidros especiais de segurança para todos os segmentos de mercado, a Fanavid tem em seu DNA o conhecimento de mais de meio século alinhado à inovação. É por isso que os vidros da Fanavid são reconhecidos no mercado por sua qualidade de excelência, que garante as mais importantes certificações nacionais e internacionais.

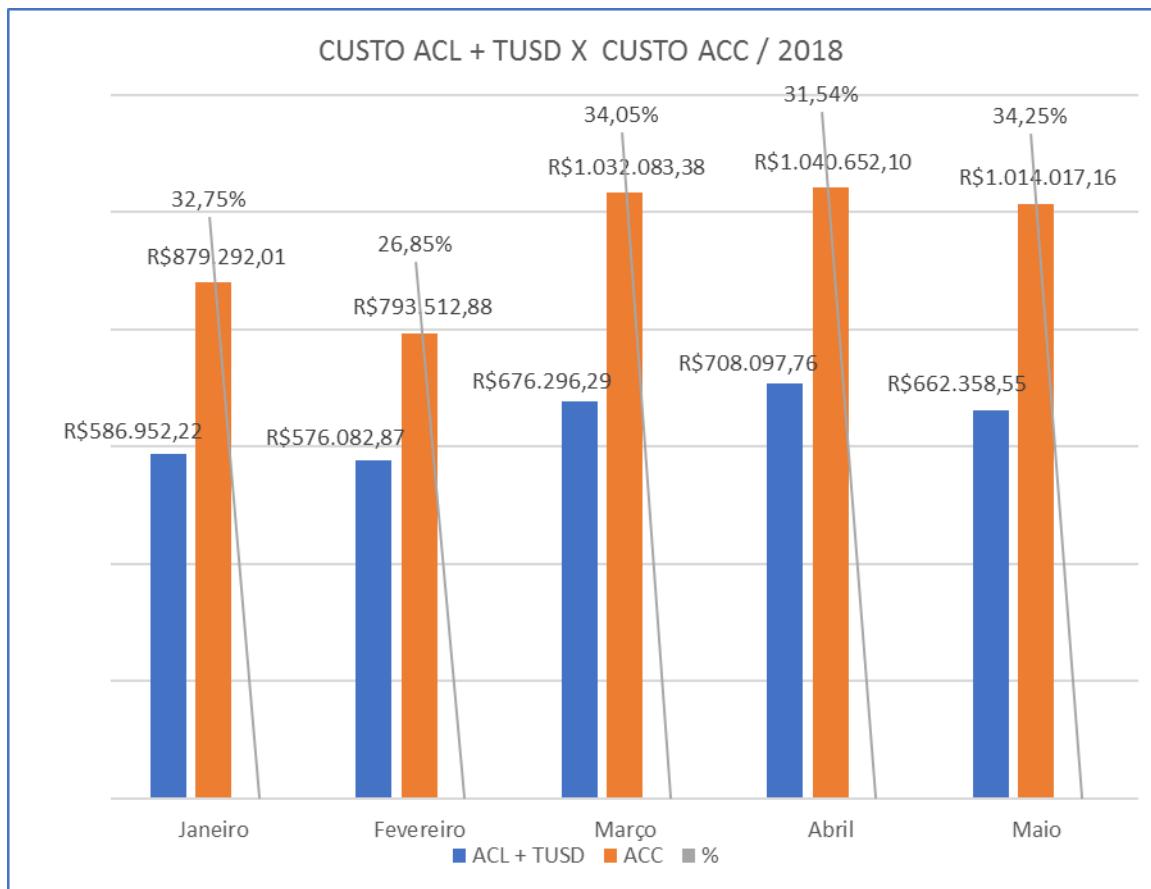
Fundada em 1963, por Mansur José Farhat, a Fábrica Nacional de Vidros de Segurança LTDA (Fanavid), está localizada em Guarulhos (SP). Ocupa uma área de 119 mil m², que reúne fábrica, área comercial, laboratório de qualidade, setores de engenharia de desenvolvimento, qualidade, produção e manutenção.

A tradição em vidros está presente também em um dos mais importantes capitais da empresa, seus funcionários. Além de altamente capacitados, boa parte deles reúne o *know-how* adquirido em mais de 20 anos de experiência.

A empresa se tornou especialista na fabricação de vidros especiais, com curvaturas complexas, alta resistência em laminados, temperados e blindados. Entre seus principais equipamentos, destacam-se: três fornos de têmpera, seis fornos de laminação de para-brisas, três fornos de curvatura para vidros blindados e quatro autoclaves.

Consumindo cerca de 2.000 MWh/mês, com uma demanda contratada de 5.400kW, no Subgrupo A4 em 13,2 kV, horo-sazonal verde, a empresa está no limite de contratação de demanda estabelecido pela concessionária local. Seu custo mensal com energia elétrica está aproximadamente 32 % menor devido a sua entrada no ACL como apresentado na figura 2.

Figura 2 - Custo Energia Elétrica 2018



Fonte: Fanavid.

3.2. Estudo de Causa

No primeiro trimestre do ano de 2017 ocorreu reaquecimento do segmento de para-brisas de ônibus, no segundo trimestre esse produto volta a ser o principal produto da Fanavid. No terceiro trimestre a fábrica passou a não conseguir atender a demanda do mercado, surgindo, com isso a partir do quarto trimestre, a necessidade de aumento de produção do segmento.

Os equipamentos Forno 4, Forno 6 e Autoclave Ônibus compõem os principais equipamentos de produção do segmento de produção de para-brisas de ônibus. Para atender as novas demandas produtivas a análise de consumo desses equipamentos passa a ser prioridade.

As novas oportunidades de negócios sinalizavam para o aumento do parque industrial e, o limite na contratação de demanda com a estrutura elétrica inadequada da planta surgiram como impedimentos. Logo, a opção de substituição dos

equipamentos antigos por novos equipamentos mais eficientes, energeticamente, foi inevitável.

Com a entrada de novas cargas, devido à expansão do parque industrial da empresa, tornou-se necessário uma readequação do sistema elétrico com alterações de painéis, disjuntores, substituição e troca de condutores, substituição de transformadores, que serão apenas mencionados qualitativamente neste trabalho, já que o foco do mesmo é o sistema de gerenciamento de energia. Durante o planejamento desta readequação, ficou evidenciado que seria necessário um sistema de monitoramento e gestão com a finalidade inicial de supervisionar as cargas anteriores e as novas cargas. Porém, essa supervisão poderia evoluir em seu conceito inicial para outras funções, como a identificação de equipamentos pouco eficientes eletricamente, geração de dados para custos de produção em kWh por peças, possibilidade de projeção dos consumos dos equipamentos monitorados e da planta como um todo.

Ficou então definido que a readequação das cargas elétricas seguiria as normas elétricas de distribuição de cargas, mas também a implantação de um sistema de Supervisão e Gerenciamento de Energia Elétrica.

3.3. Distribuição das cargas

A empresa conta com uma cabine principal e três secundárias, denominadas respectivamente, SE-Principal, SE-01, SE-02, SE-03.

A SE-Principal é a cabine primária de entrada de energia onde se protege e distribui, através de disjuntores de média tensão, os circuitos interligados às demais cabines secundárias em 13,2 kV.

As cabines secundárias recebem em seus transformadores a média tensão de 13,2 kV em seus primários e transformam para baixa tensão de 380V (fase-fase) ou 220V (fase-neutro), sendo que a tensão de 220V, basicamente alimenta a parte de utilidades e máquinas e equipamentos de baixo consumo.

Todas as cabines somam ao total 13 transformadores, divididos da seguinte forma:

- SE-01: Trafo 1, Trafo 2, Trafo 3, Trafo 4 e Trafo 5;
- SE-02: Trafo 6, Trafo 7, Trafo 8 e Trafo 9;

- SE-03: Trafo 10, Trafo 11, Trafo 12 e Trafo 13.

As novas cargas são os fornos de têmpora e laminação de vidros automotivos, ESU -2 (322kW) e ECOMax (323 kW) instaladas no Trafo 7, GlassRobot (462 kW) instalado no Trafo 13 e KBFO 2 (2395 kW) instalado no Trafo 8.

3.3.1. Identificação dos instrumentos de medições instalados

Após definidas as novas cargas e realizado o remanejamento das cargas existentes, o passo seguinte foi a identificação dos instrumentos de medições das cabines e de seus transformadores para avaliar se era possível a instalação do sistema de supervisão e gerenciamento.

Foram identificados instrumentos analógicos de medições de tensão, corrente e de demanda, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Instrumentos Instalados



Fonte: Elaborado pelo autor

Como mencionado anteriormente, este tipo de equipamento é eficaz, porém necessita que a leitura e coleta de dados seja feito manualmente, o que não torna o confiável e eficiente. Para implantação do sistema será preciso a substituição total

destes equipamentos por equipamentos digitais, avaliando apenas a necessidade de substituição dos transformadores de corrente, ou TC's.

3.4. Escolha dos medidores.

O medidor escolhido foi o PAC-3100 da Siemens (figura 4), após aprovação prévia com o integrador de sistema supervisório, a empresa Gestal. Este medidor utilizará todos os TC's já existentes, pois em sua configuração, permite ajustar a relação do TC via software. Os TC's já instalados serão usados para medição do total do transformador. Para os equipamentos com medição individual serão instalados TC's bipartidos (figura 5 e 6), o que facilita a instalação, já que não é necessário a desmontagem dos cabos e barramentos para instalação. Os demais componentes do sistema, assim como sua arquitetura e software serão tratados adiante.

Figura 4 - Multimedidor



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - TC Bipartido Fechado



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6 - TC Bipartido Aberto

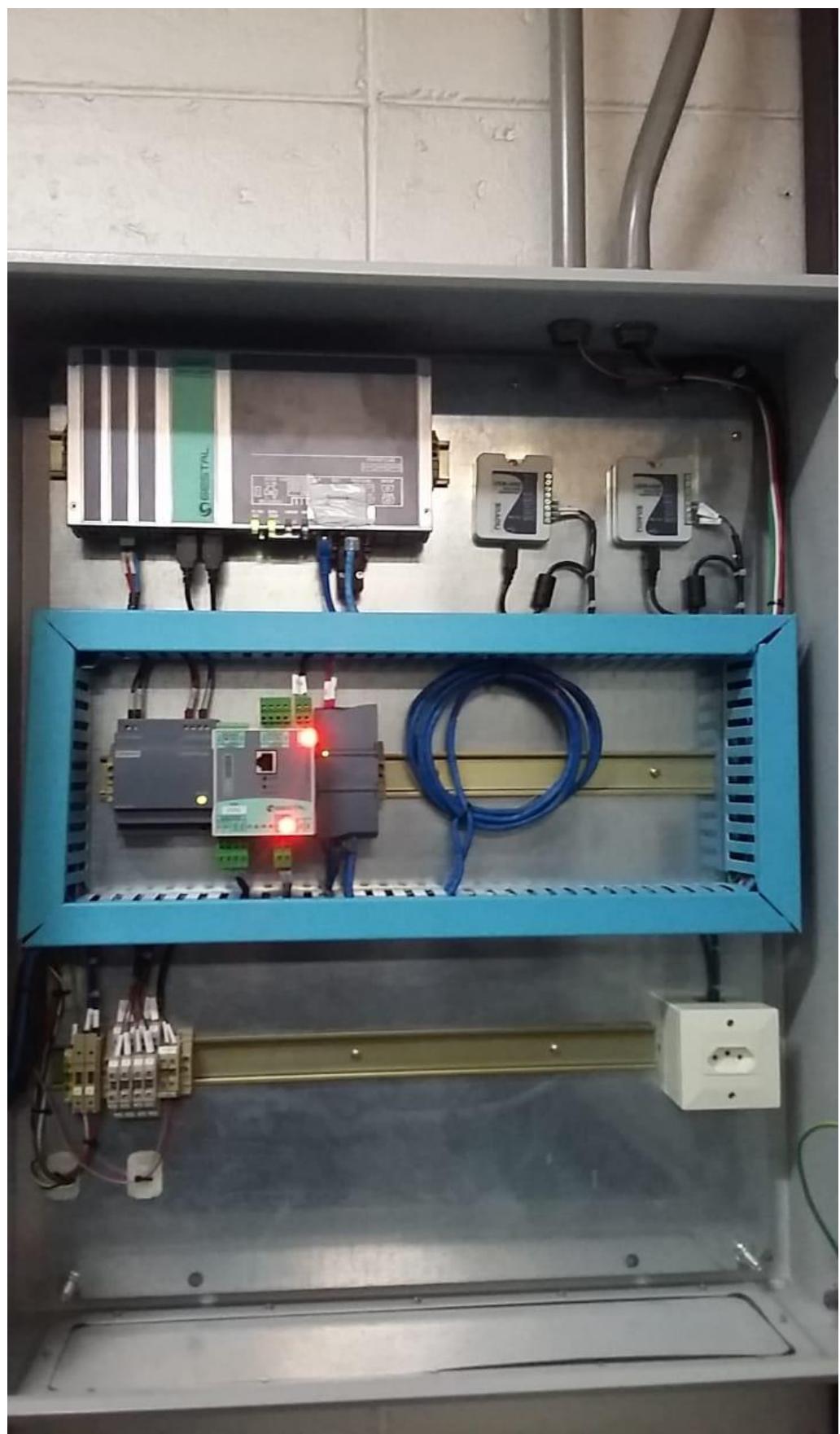


Fonte: Elaborado pelo autor

3.5. Montagem dos Painéis

Foi definido que seriam usados 29 medidores eletrônicos do tipo controladores, em rede de comunicação serial no padrão RS-485, em protocolo Modbus RTU, sendo que 7 foram instalados na SE-01, 9 instalados na SE-02 e 13 na SE-03. Todos os medidores foram montados nos painéis de distribuição e definidos no momento da readequação elétrica. Foi adotado um painel de controle na cabine principal em sincronismo com o medidor da concessionária (figuras 7 e 8), para medição do consumo e demanda geral da planta.

Figura 7 - Montagem Painel Principal



Fonte: Elaborado pelo autor

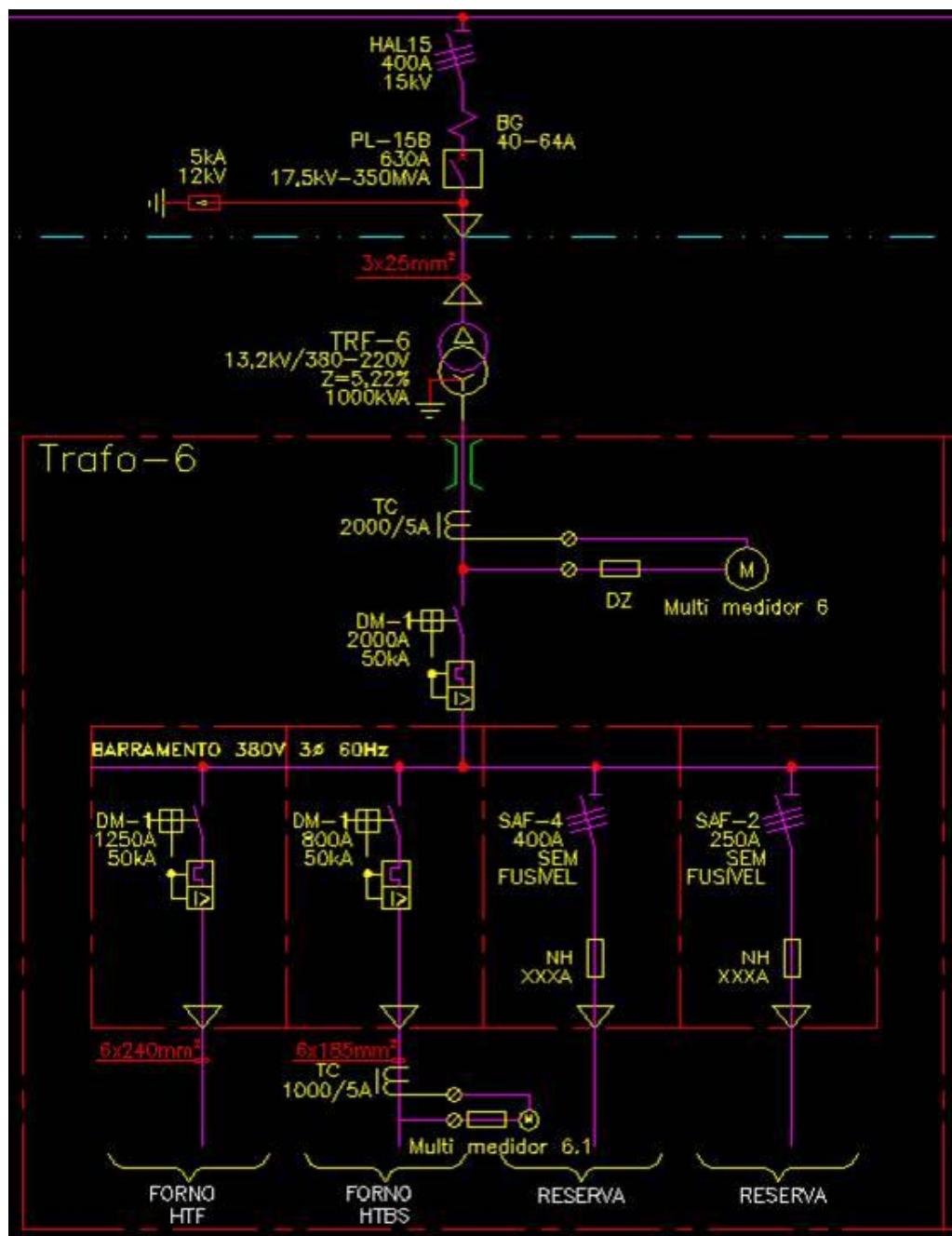
Figura 8 - Montagem no Painel Elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor

O medidor geral do Transformador utilizará uma medição real e seu valor será a diferença entre a carga total menos a carga parcial medida. Por exemplo, o Trafo 6 possui dois medidores, um conectado diretamente a carga medida, (Forno HTBS) e outro medidor no barramento principal, aproveitando o TC que já estava instalado ao medidor antigo. O medidor ligado ao barramento principal receberá a nomenclatura de Forno HTF ou medidor 6. Ou seja, os valores da medição do HTF serão a diferença do Trafo 6 menos Trafo-6.1, como uma leitura virtual configurada via software, de acordo com o esquema unifilar da figura 9.

Figura 9 - Diagrama Unifilar Trafo 6



Fonte: Fanavid.

Tabela 1 - Distribuição e Nomenclatura dos Medidores

SE-01				
	MEDIDOR	NOME	LEITURA	EQUAÇÃO
TRAFO 1	TRAFO 1	UTILIDADES	DIRETA	
TRAFO 2	TRAFO 2	ARQUITETURA	DIRETA	
TRAFO 3	TRAFO 3	COMPRESSOR ESFERA	INDIRETA	TRAFO 3 - TRAFO 3.1
	TRAFO 3.1	E.S.U - 1	DIRETA	
TRAFO 4	TRAFO 4	COMPRESSOR UTILIDADES	INDIRETA	TRAFO 4 - TRAFO 4.1
	TRAFO 4.1	AUTOCLAVE AUTOS	DIRETA	
TRAFO 5	TRAFO 5	ILUMINAÇÃO	DIRETA	
SE-02				
TRAFO 6	TRAFO 6	FORNO HTF	INDIRETA	TRAFO 6 - TRAFO 6.1
	TRAFO 6.1	FORNO HTBS	DIRETA	
TRAFO 7	TRAFO 7	INSUFLAÇÃO HTF	INDIRETA	TRAFO 7 - (TRAFO 7.1 + TRAFO 7.2 + TRAFO 7.3 + TRAFO 7.4)
	TRAFO 7.1	ECOMAX	DIRETA	
	TRAFO 7.2	E.S.U - 2	DIRETA	
	TRAFO 7.3	F2	DIRETA	
	TRAFO 7.4	INSUFLAÇÃO HTBS	DIRETA	
TRAFO 8	TRAFO 8	KBFO 2	DIRETA	
TRAFO 9	TRAFO 9	KBFO 1	DIRETA	
SE-03				
TRAFO 10	TRAFO 10	ESTUFAS	INDIRETA	TRAFO 10 - (TRAFO 10.1 + TRAFO 10.2 + TRAFO 10.3)
	TRAFO 10.1	FB-1	DIRETA	
	TRAFO 10.2	FB-2	DIRETA	
	TRAFO 10.3	AUTOCLAVE BUS	DIRETA	
TRAFO 11	TRAFO 11	AUTOCLAVE BLINDADO	INDIRETA	TRAFO 11 - (TRAFO 11.1 + TRAFO 11.2 + TRAFO 11.3 + TRAFO 11.4)
	TRAFO 11.1	F-1	DIRETA	
	TRAFO 11.2	F-7	DIRETA	
	TRAFO 11.3	TORRES RESFRIAMENTO	DIRETA	
TRAFO 12	TRAFO 11.4	FB-3	DIRETA	
	TRAFO 12	F-5	INDIRETA	TRAFO 12 - (TRAFO 12.1 + TRAFO 12.2)
	TRAFO 12.1	F-4	DIRETA	
TRAFO 13	TRAFO 13	GLASSROBOT	DIRETA	

Fonte: Elaborado pelo autor

3.6. Configuração do Sistema de Supervisão e Gerenciamento

O sistema utilizado foi o do fornecedor Gestal, sendo configurado na arquitetura da figura 10 com os seguintes componentes:

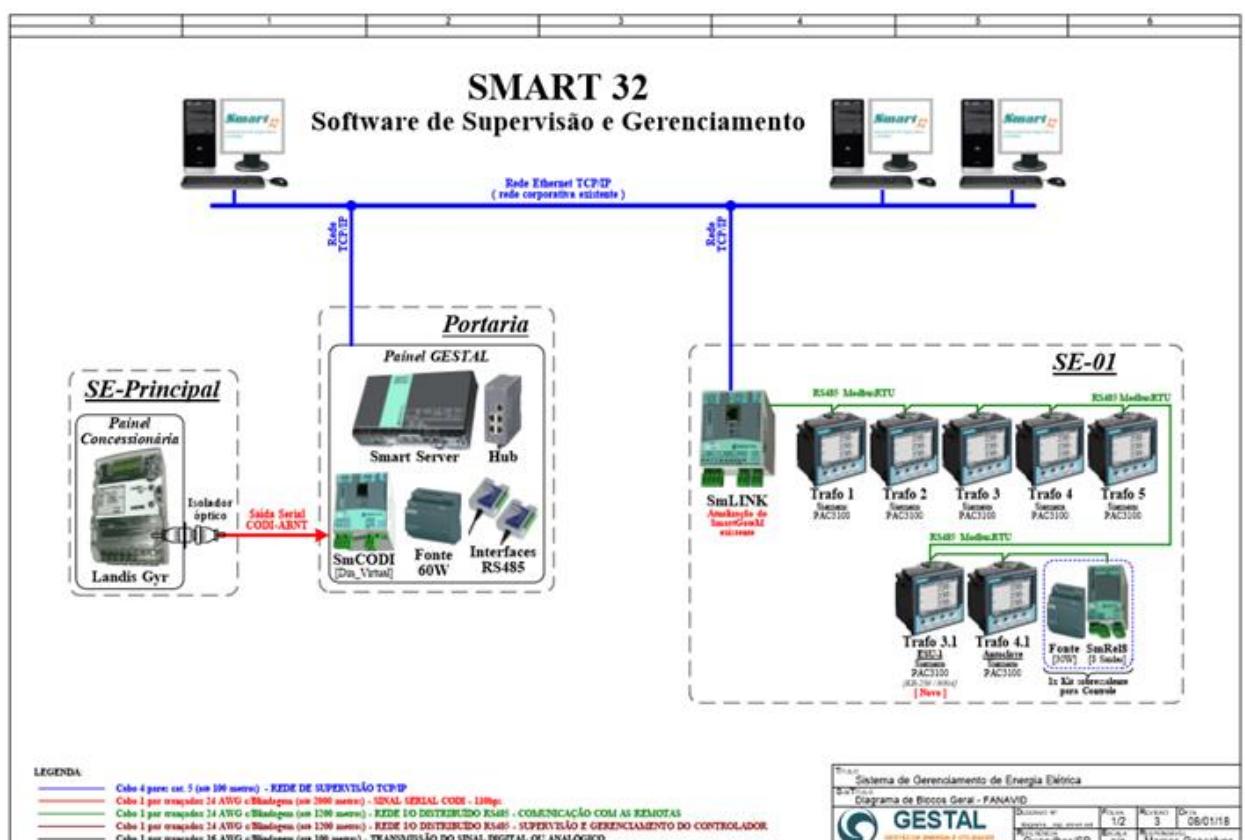
- 1- Software operacional
- 1- Controlador Simatic IPC 427 MICROBOX
- 1- Conversor SM-CODI CPU2110
- 2- Conversor USB/RS485 isolado Novus
- 2- Fonte 100A 240VAC / 24VCC 60 W
- 1- HUB/Switch Compacto CSM1277- 4 portas 10/100
- 29- Medidores de energia PAC3100 RS485 Modbus
- 6- TC 1000/5A
- 3- TC 1200/5A
- 3- TC 150/5A
- 3- TC 250/5A

- 3- TC 700/5A
- 3- TC 800/5A
- 3- Fonte 100A 240 VAC / 24 VCC 30W
- 3- Unidade SM-REL8 saída
- 3- Sm LINK

3.7. Arquitetura de rede de comunicação

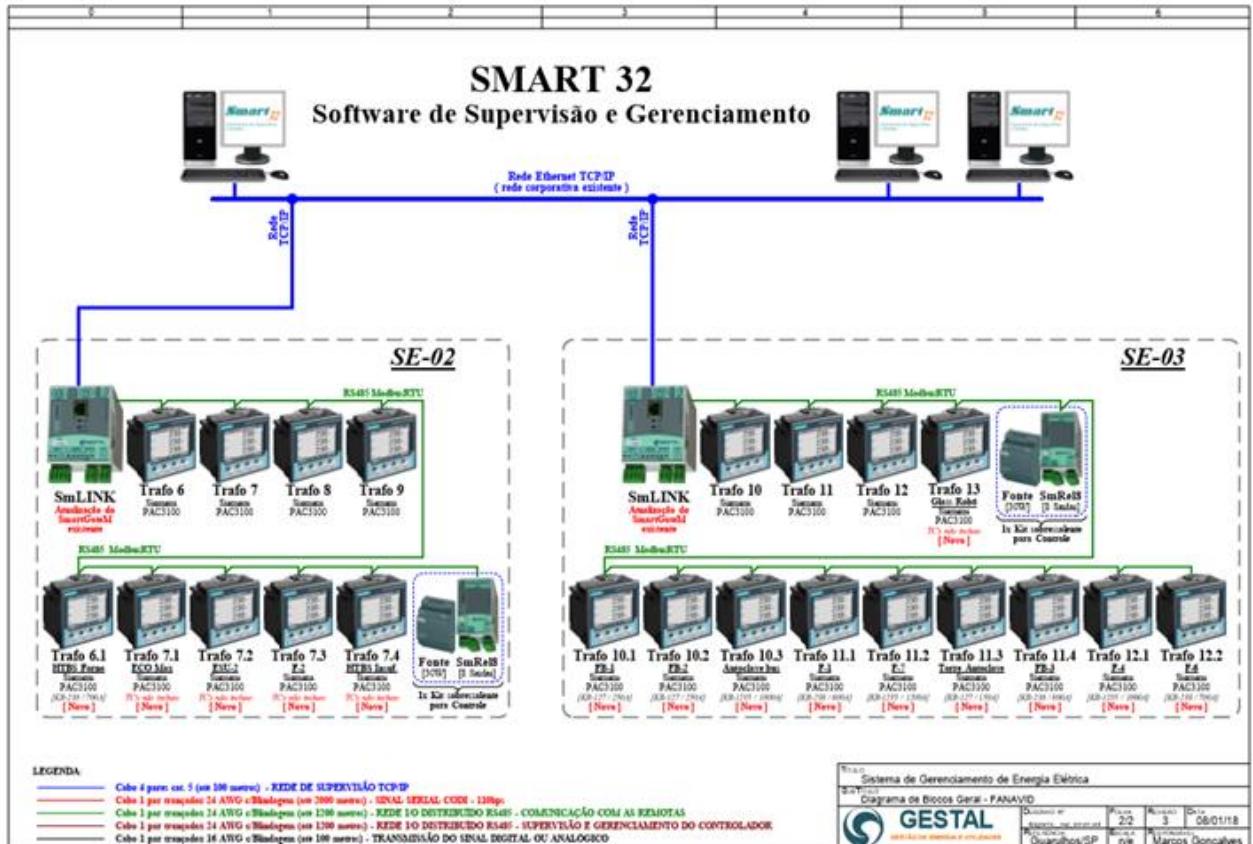
Os medidores utilizam uma rede de comunicação serial RS485, em protocolo Modbus, conectada a um conversor de RS-485 para Rede TCP/IP o Sm LINK, que estabelece uma comunicação com a rede corporativa já existente, assim como o controlador Smart Server que utiliza a mesma rede. Três Desktop serão utilizados para realizar o monitoramento e armazenamento dos dados. (figura 10 e 11)

Figura 10 - Arquitetura da Rede SE-Principal e SE-01



Fonte: Gestal

Figura 11 - Arquitetura da Rede SE-02 e SE-03



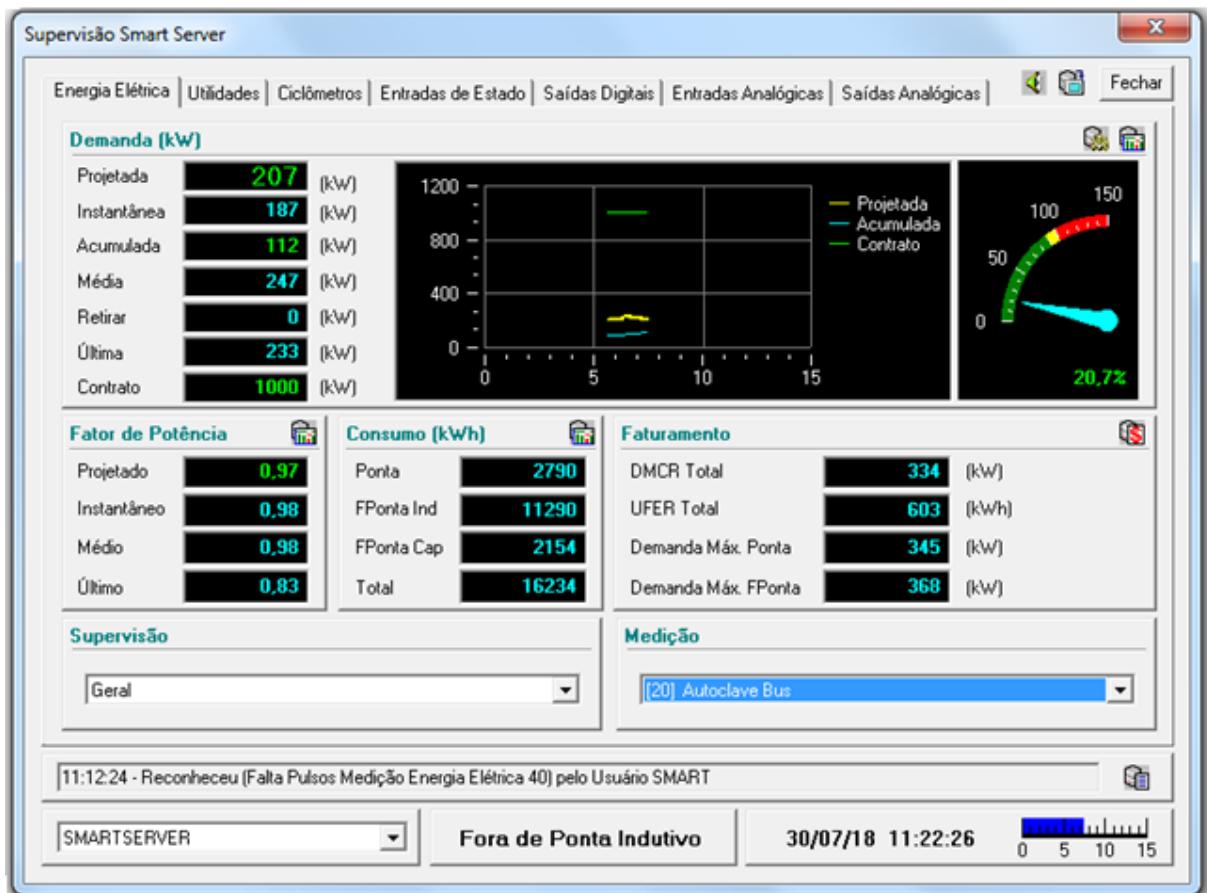
Fonte: Gestal

3.8. Telas de Supervisão Instantânea

Com o sistema instalado e configurado foi possível atualizar o software e começar a configurar as telas de supervisão do modo instantâneo, essas telas demonstram em tempo real o medidor selecionado, neste exemplo a Autoclave Bus (figura 12) e Autoclave Autos (figura 13), estão sendo monitorados dados como Demanda Projetada e Instantânea, Fator de Potência Projetada e Instantânea, Fator de Carga, Consumo em horário de Ponta, Capacitiva e Indutiva.

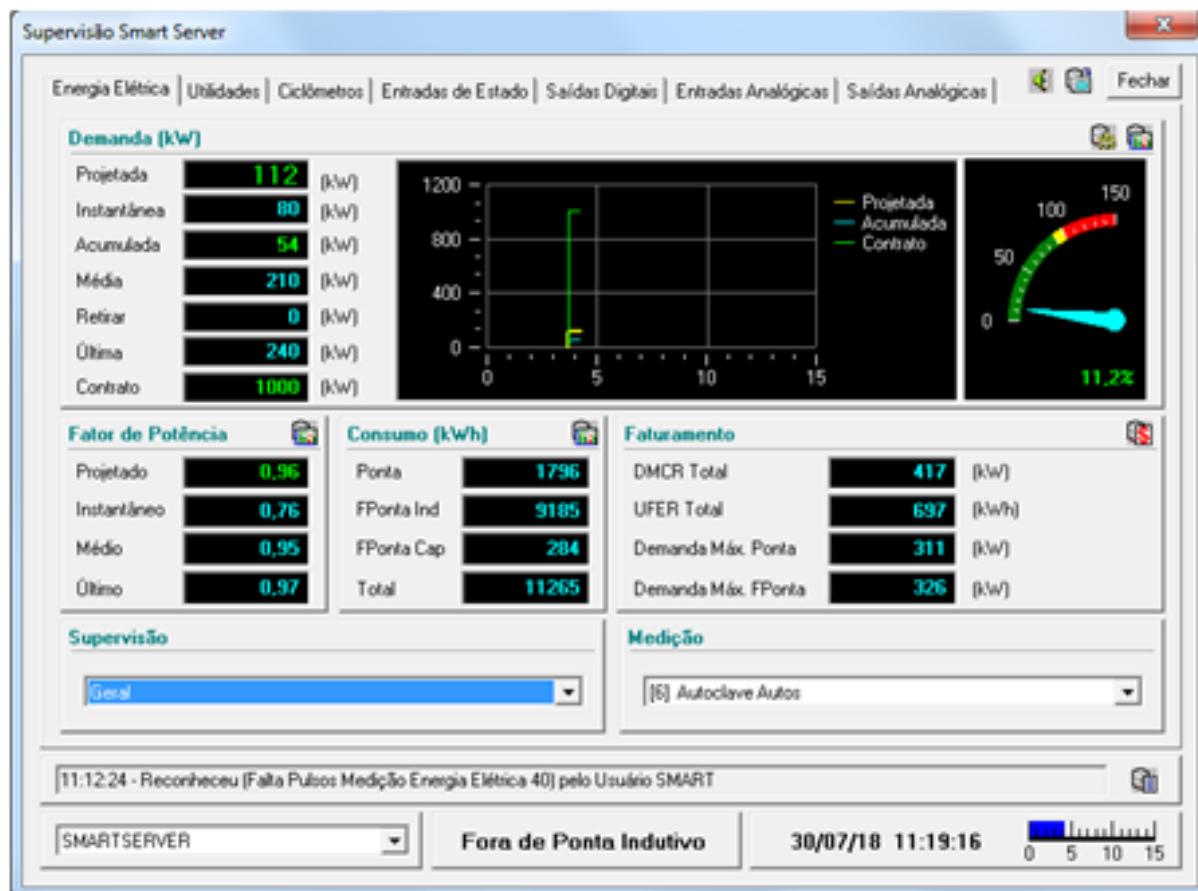
Estes dois equipamentos são utilizados para realizar a prensagem dos para-brisas, eles apresentam praticamente a mesma potência nominal, Autoclave Autos 569 kW e Autoclave Bus 504 kW.

Figura 12 - Tela Supervisório Autoclave Bus



Fonte: Elaborado pelo auto

Figura 13 - Tela Supervisório Autoclave Autos



Fonte: Elaborado pelo autor

3.9. Relatórios Gerados pelo Gerenciador

O Software gera diversos tipos de relatórios, diário, semanal, mensal, anual, as grandezas como Demanda, Consumo, Corrente, Fator de Potência, entre outros.

A capacidade de armazenamento do Smart Serve é de 400 dias sem necessidade de descarregamento de dados no Supervisório. Após esse tempo o dispositivo começa a sobrescrever os dados, perdendo-se com isso, as informações.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

O projeto tem a expectativa de assegurar uma gestão eficiente nas próximas contratações de energia no mercado livre e análise do consumo dos equipamentos mais antigos em relação aos novos equipamentos instalados. Visando levantar os custos em kWh/peça e R\$/peça de alguns itens da empresa, como os para-brisas automotivos de ônibus, produzidos nos Fornos 4 e 6, em relação ao novo equipamento adquirido o (Forno GlassRobots), será comparado o consumo versus peças produzidas, de forma a medir desperdícios de energia elétrica da Autoclave Ônibus.

4.1 Controle do consumo.

Com o informativo da Ecom, empresa comercializadora de energia elétrica que atua junto a CCEE para a Fanavid, a projeção de consumo para o mês de agosto, ultrapassaria nossa energia contratada conforme mostrado na figura 14, de 2.030 MWh para 2.244,94 MWh, aumentando o custo em energia elétrica em R\$ 108.544,70

Figura 14 - Projeção de Consumo Agosto 2018



Fonte: Elaborado por Ecom Comercializadora de Energia Elétrica.

Foi monitorada a produção de 1.250 m² de vidros planos 6mm de espessura cor verde no Forno HTF no dia 08 de agosto de 2018, das 00h30min às 23h30min, (figura 15), com um consumo total de 10.276 kWh e 8,22 kWh/m². A mesma produção no mesmo período foi realizada no Forno KBFO no dia 09 de agosto de 2018 (figura 16), com um consumo total de 3.058 kWh e 2,45 kWh/m², ou seja, com uma eficiência três vezes maior. Com essa tomada de decisão, a projeção de

consumo na segunda semana foi de 2.188,027 MWh (figura 14), apresentando uma redução de 56,937 MWh. Considerando que ainda restam 3 semanas de consumo, a ação mostrou ser eficaz para redução do consumo da planta, evitando a necessidade de contratação de energia elétrica no CP.

A solução encontrada foi a realocação da produção de vidros planos para outro forno mais eficiente, com base nas informações do gerenciador de energia elétrica. A produção de vidros planos do Forno HTF foi direcionada para o Forno KBFO, já que essa máquina pode produzir vidros planos, com maior eficiência energética, somente alterando a sua configuração.

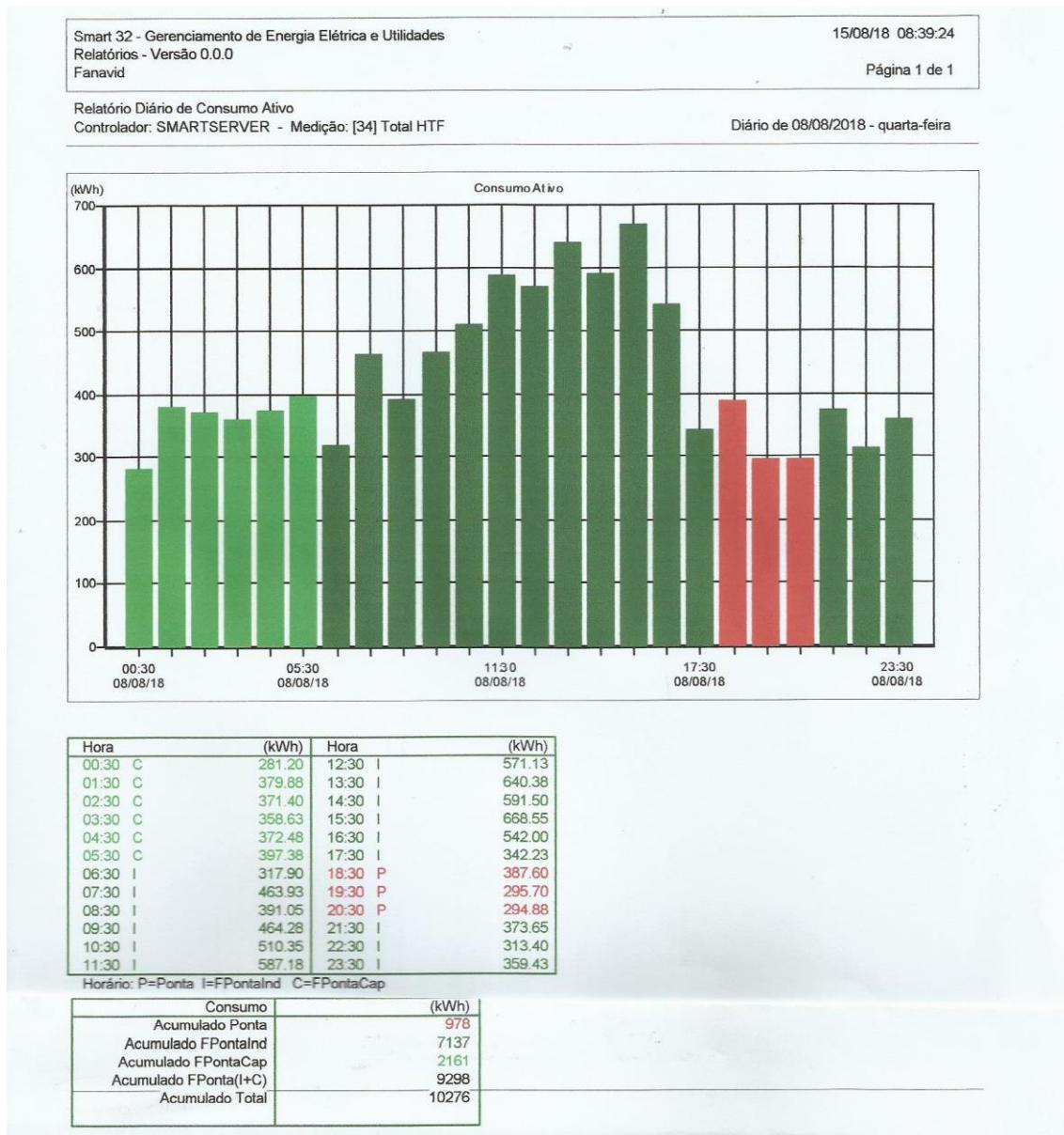
A partir desta análise de eficiência energética ficou determinado que o forno KBFO será utilizado em substituição ao Forno HTF, que será desativado. A produção mensal desse tipo de vidro é de 27.500 m²/mês. Logo Forno HTF consome 226.050 kWh/mês, contra 67.375 kWh/mês do Forno KBFO, resultando numa economia de 158,675 kWh/mês e um benefício líquido econômico de R\$ 60.296,50, conforme visto na tabela 2.

Tabela 2 - Custo m² de vidro HTF X KBFO

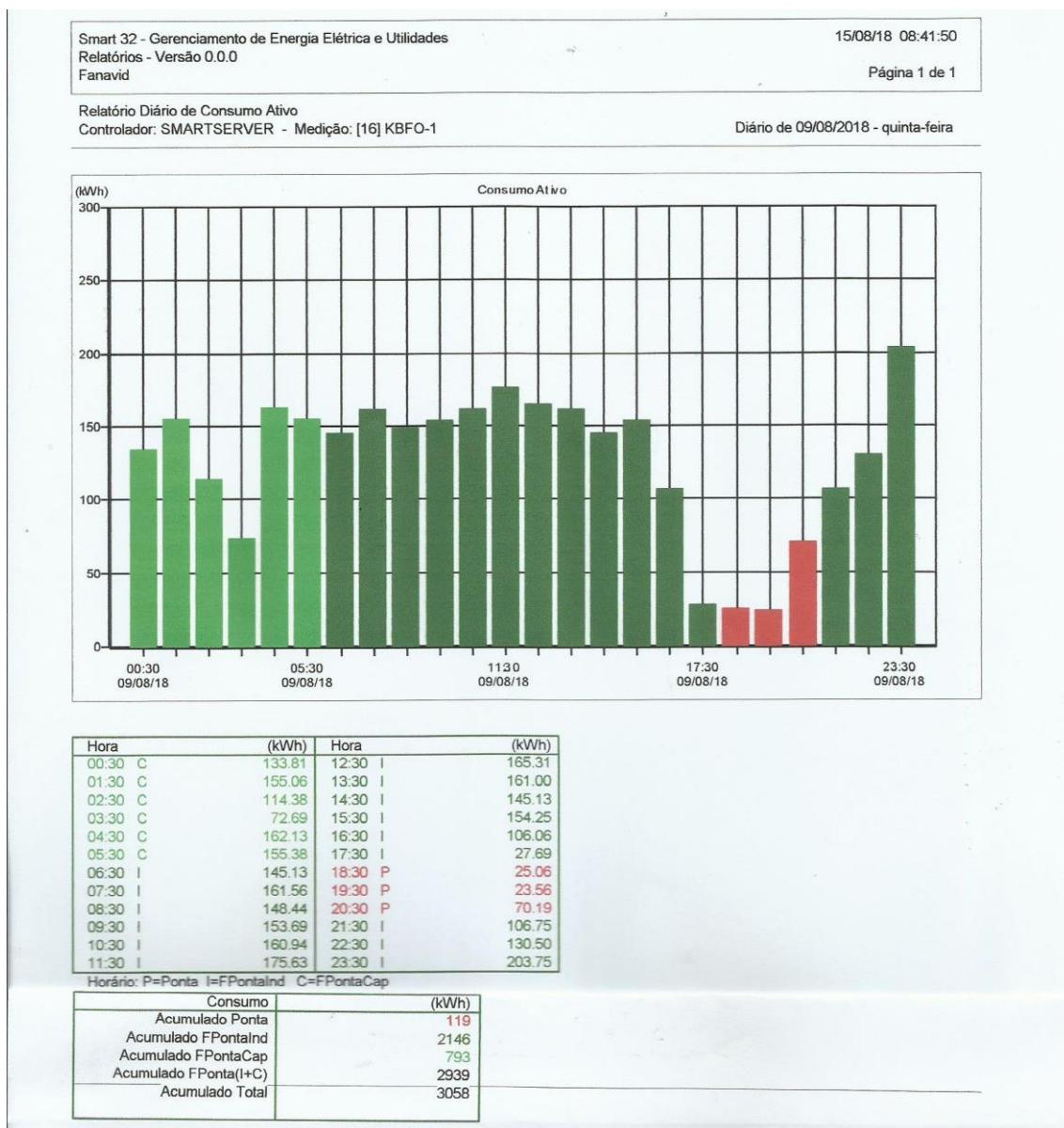
Forno	kWh/ m ²	m ² /mês	kWh/mês	R\$/kWh	R\$/mês
HTF	8,22	27.500	226.050	R\$ 0,38	R\$ 85.899,00
KBFO	2,45	27.500	67.375	R\$ 0,38	R\$ 25.602,50
Economia			158.675		R\$ 60.296,50

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15 - Consumo Ativo Forno HTF



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 16 - Consumo Ativo Forno KBFO

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Custo kWh/peça e R\$/peça

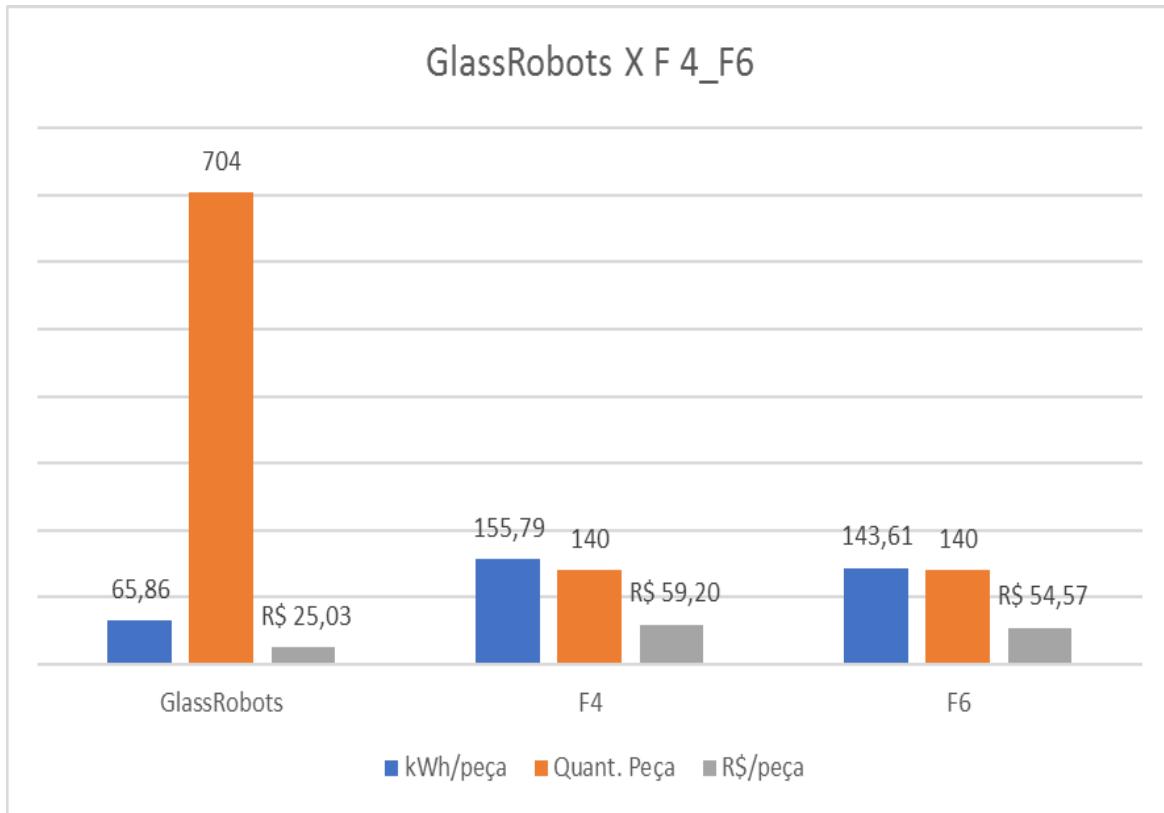
O custo da energia elétrica na fabricação de vidros de segurança desde 2014 passou a ser o terceiro maior custo para a Fanavid, perdendo apenas para o vidro PVB, sendo que esse custo era rateado, adotando o critério do volume de energia consumida por toda a planta, dividido pela quantidade de peças produzidas no respectivo mês.

Com esse critério não se levava em consideração a eficiência de cada equipamento e a complexidade de fabricação de cada modelo de para-brisa. Com a implantação do Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica esses critérios serão considerados, devido à crescente demanda para-brisas para ônibus, e a aquisição de um novo equipamento para fabricação deste produto, já que determinar o real consumo e custo se tornou fundamental.

O equipamento chamado GlassRobots foi adquirido para substituir os Fornos 4 e 6 que fabricam o mesmo tipo de para-brisas de alta complexidade, devido o aumento da produção deste item, a fim de atender a crescente demanda de mercado. A produção destes três fornos foi medida durante quinze dias e anotadas suas respectivas produções.

O Forno GlassRobots consumiu 46.367 kWh, o Forno 4, 21.811 kWh e o Forno 6, 20.106 kWh. Em uma primeira análise os Fornos 4 e 6 consumiram menos energia que o Forno GlassRobots, indicando um aumento no consumo, porém a cadência produtiva do Forno GlassRobots o torna muito mais eficiente energeticamente, produzindo 704 para-brisas no período, enquanto os Fornos 4 e 6 produzem 140 cada (figura 17). O Forno GlassRobots consome 65,86 kWh/peça, enquanto o Forno 4, 155,79 kWh/peça e o Forno 6, 143,61 kWh/peça, tornando o mais eficiente energeticamente 2,36 vezes mais do que o Forno 4 e 2,18 vezes mais em relação ao Forno 6. Considerando que produção deste tipo de vidro seja 1280 peças por mês, a substituição dos fornos 4 e 6 trará uma redução de 107.315,20 kWh/mês.

Figura 17 - Custo Curvação de Vidro Bus kWh/peça



Fonte: Fanavid.

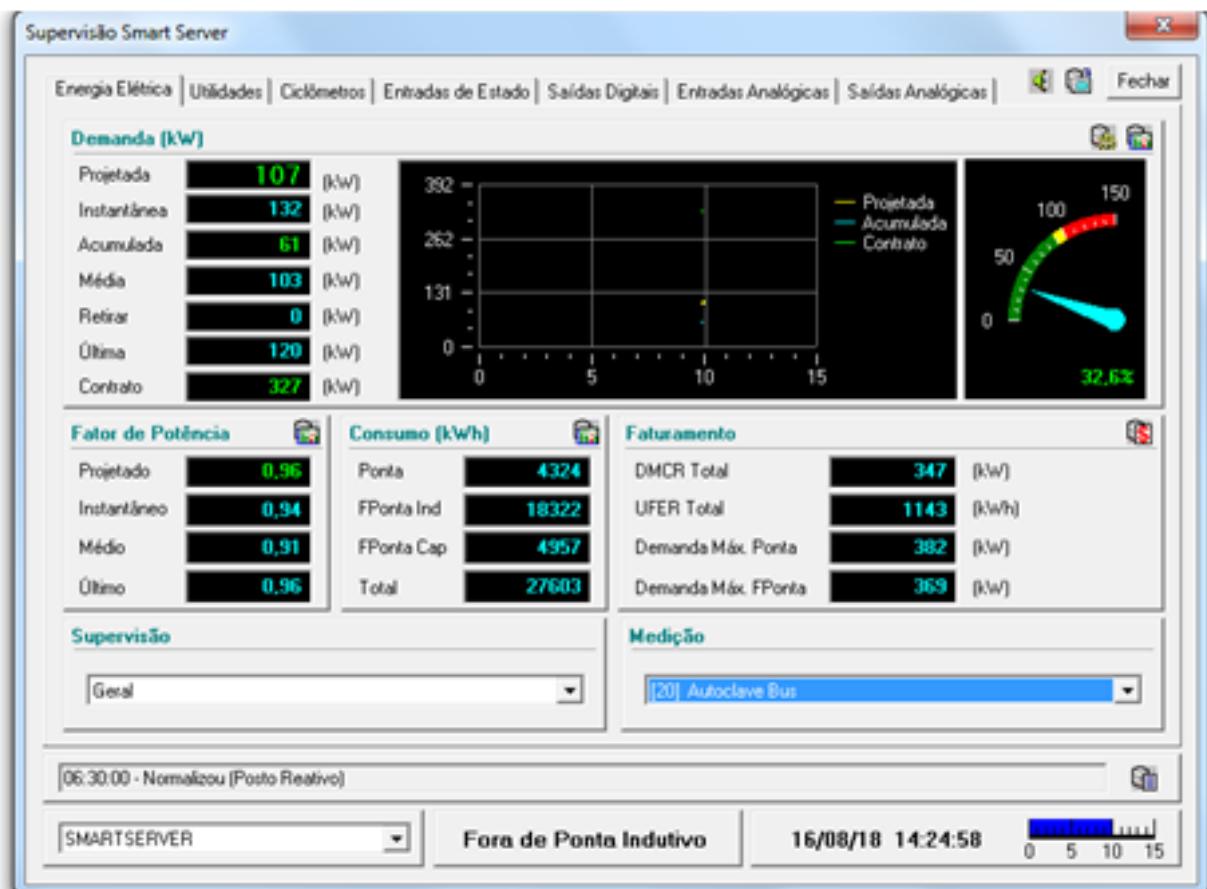
4.3 Análise de Consumo Autoclave Bus

Analisar a eficiência energética dos equipamentos em operação e encontrar meios de reduzir seu consumo é mais um dos objetivos do Gerenciador de Energia Elétrica. Como dito anteriormente o mercado de para-brisas automotivos para ônibus e caminhões tem se mostrado promissor à Fanavid, sendo assim a análise foi feita no equipamento de prensagem de para-brisas, chamado Autoclave Bus.

O equipamento possui um motor de 150 CV/110kW e um banco de resistores de 210kW controlados por um módulo de potência em malha fechada com um CLP.

O ciclo consiste em aquecimento, patamar e resfriamento em uma pressão de 12 bar, para isolarmos o fator resistivo da carga realizamos a leitura, após o concluído o ciclo de aquecimento.

Figura 18 - Supervisão Autoclave Bus em Patamar, Pressão 12bar

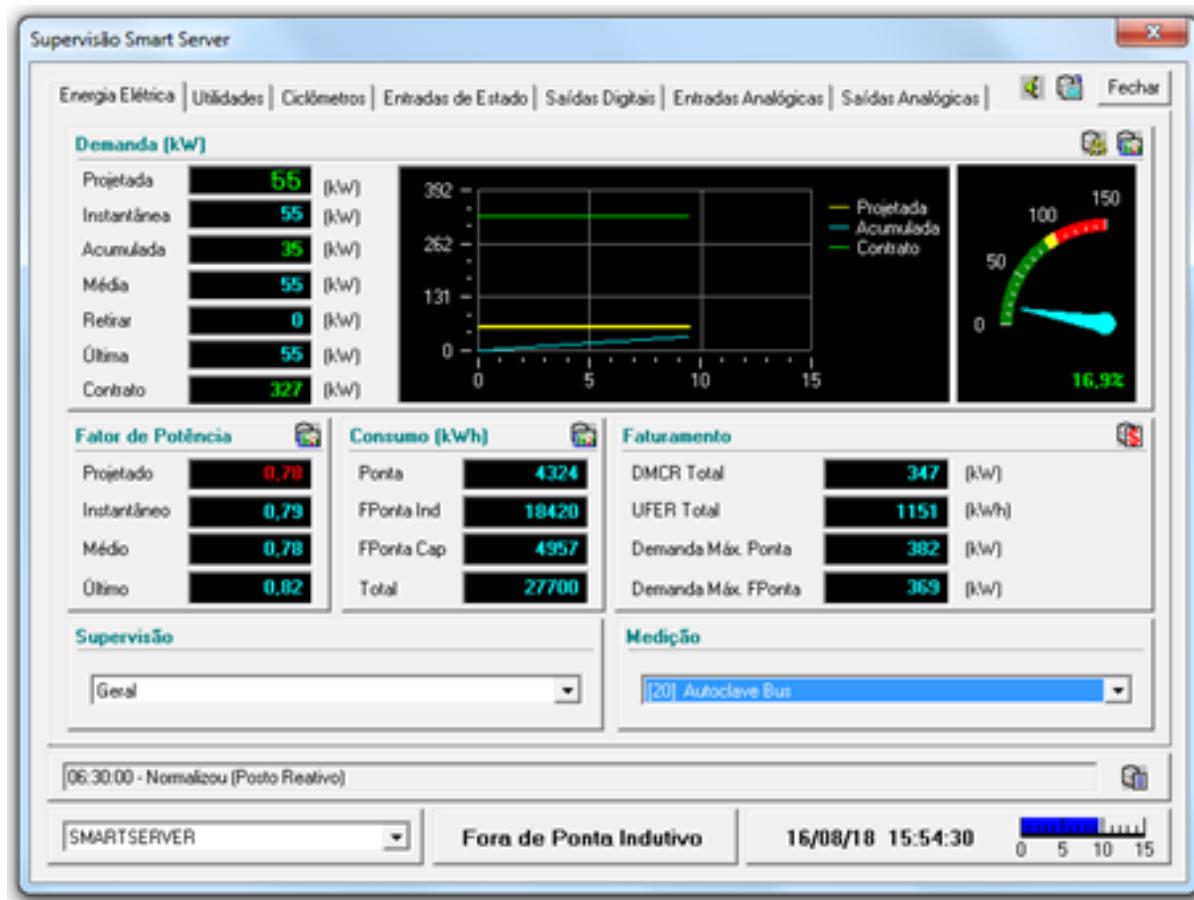


Fonte: Elaborado pelo autor

O consumo do equipamento está condizente com as informações retiradas do manual da WEG, quanto ao consumo do motor, porém o fator de potência em 0,96 não apresentava coerência, relacionado a um motor de 18 anos de idade, com 5 rebobinagens em seu histórico. Foi identificado que apesar do ciclo de aquecimento ter terminado, o módulo de aquecimento continuava realizando o aquecimento em patamar em porcentagem menor.

O único momento em que o módulo era totalmente desligado era no momento do resfriamento, como demonstrado na figura 19.

Figura 19 - Supervisor Autoclave Bus em Resfriamento



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando o equipamento iniciou o ciclo de resfriamento o FP caiu de 0,96 para 0,82 ainda com 12bar de pressão, após 5 minutos do início do ciclo de resfriamento o equipamento alivia a pressão para 5 bar, derrubando o FP para 0,78.

Como solução foram adotadas duas alternativas, a substituição do motor por um motor de alto rendimento e a possibilidade da diminuição da velocidade do motor por um conversor de frequência na despressurização do equipamento. Consultado o fabricante do equipamento, ele alegou que a alteração na rotação do motor que ventila a carga pode causar “delaminações” nos para-brisas e que essa estratégia não poderia ser implementada por questões de qualidade na produção.

A opção adotada para solucionar o desperdício de energia elétrica foi a substituição do motor, por um motor da linha Premium da WEG.

Linha: W22 IR3 Premium Trifásico

Potência: 150CV/110 kW

Número de polos: 4 polos

Tensão: 220/380/440 Volts

Preço médio de mercado: R\$ 44.928,67

A WEG disponibiliza em seu site, uma ferramenta para análise financeira do retorno de investimento que tem como premissas:

- Horas Trabalhadas: 22 horas/dia
- Dias Trabalhados: 312 dias/ano
- Idade do Motor: 18 anos
- Número de Rebobinagens: 5
- Valor kWh: 0,38 R\$/kWh

Resultados da análise:

- Potencial de Economia: 10,31%
- Economia (kWh/ano): 90.640,84 kWh/ano
- Economia (R\$/ano): R\$ 34.443,52 R\$/ano

Fluxo de Caixa:

Tabela 3 – Fluxo de Caixa

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Acumulado
0	-R\$ 44.928,67	-R\$ 44.928,67
1	R\$ 34.443,52	-R\$ 10.485,15
2	R\$ 34.443,52	R\$ 23.958,37
3	R\$ 34.443,52	R\$ 58.401,89
4	R\$ 34.443,52	R\$ 92.845,41
5	R\$ 34.443,52	R\$ 127.288,93
6	R\$ 34.443,52	R\$ 161.732,45
7	R\$ 34.443,52	R\$ 196.175,97
8	R\$ 34.443,52	R\$ 230.619,49
9	R\$ 34.443,52	R\$ 265.063,01
10	R\$ 34.443,52	R\$ 299.506,53

Fonte: Elaborado pelo autor

Payback: R\$ 44.928,67 / R\$ 34.443,52 = 1,3 anos.

A substituição do motor por um de alto rendimento apresentou um ótimo resultado, com um VPL de R\$ 230.313,20 (tabela 4). Com a nova política de conservação de energia que a empresa começou a adotar, esse projeto foi

apresentado como piloto, utilizando o gerenciador para comprovação dos resultados com a medição individualizada, já que em um ambiente de contratação de mais de 2.000 MWh/mês, comumente a economia gerada em um ponto é utilizada em outro, dificultando essa comprovação de aumento de eficiência.

Tabela 4 – Valor Presente Líquido

Taxa %	4,3	
Ano	Fluxo de Caixa	Valor Presente
1	R\$ 34.443,52	R\$ 33.023,51
2	R\$ 34.443,52	R\$ 31.662,04
3	R\$ 34.443,52	R\$ 30.356,70
4	R\$ 34.443,52	R\$ 29.105,18
5	R\$ 34.443,52	R\$ 27.905,25
6	R\$ 34.443,52	R\$ 26.754,80
7	R\$ 34.443,52	R\$ 25.651,77
8	R\$ 34.443,52	R\$ 24.594,22
9	R\$ 34.443,52	R\$ 23.580,27
10	R\$ 34.443,52	R\$ 22.608,12
Investimento		R\$ 44.928,67
VPL		R\$ 230.313,20

Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONCLUSÃO

A cada dia a eficiência energética se tornará primordial dentro das instituições e corporações e deixará de ocupar um papel secundário na indústria para ocupar um lugar de destaque e importância que ela realmente merece. Com a demanda em energia elétrica aumentando, a compra de equipamentos e máquinas serão determinadas pela eficiência energética destes e não apenas por seu custo e capacidade produtiva.

Identificar e reduzir desperdícios com energia elétrica, deverá constar na política de todas as empresas para que continuem sendo eficientes e competitivas, diminuindo seus custos de produção. A implantação de sistemas de supervisão e gerenciamento de energia é o primeiro passo, pois fornecerá os dados e informações para fundamentar planos de ações e estratégias para o crescimento do parque industrial, sem o aumento do consumo ou demanda energética.

A meta a partir desta implantação, será realizar mais estudos sobre o consumo e demanda dos equipamentos embasados nas informações do gerenciador e atacar os pontos de desperdício, apresentando estudos para solução deste com os devidos retornos financeiros. A entrada no ACL deu a falsa aparência que os problemas com custos de energia elétrica estavam terminados, devido ao sucesso das contrações de 2016, 2017 e 2018, nos expondo cada vez mais aos erros da gestão eficiente da energia elétrica.

Apesar do pouco tempo de instalação do sistema foi verificado que as possibilidades vão além do que se esperava inicialmente. O estudo da incorporação deste sistema a uma plataforma 4.0 no futuro, se tornará numa realidade próxima. Com esse avanço teríamos em nossas mãos informações em tempo real do valor de kWh por peças ou metro quadrado fabricado, sendo indicadores de performance fundamentais para as indústrias mensurarem a eficiência energética e produtividade de seus produtos.

REFERÊNCIAS

- [1] Okuhara, Pedro. **Industry Automation Siemens- IIA CD PMC** – 01.08.2009
- [2] Siemens Sentron PAC 3100. **Manual do Aparelho**, Número do Documento A5E02385159F-01, 10/2009, páginas 8 e 24.
- [3] OLIVEIRA, Patrícia Cals de. **Análise de transformadores de corrente**. 2001. Dissertação (Metrologia para a Qualidade Industrial)-Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- [4] KRAUSE, Cláudia Barroso, et al. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. José Luiz Pitanga Maia (Coord.). Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002. 228p. 28cm.
- [5] HADDAD, Jamil; HORTA NOGUEIRA, Luiz Augusto; ISONI, Marcos; RIVETTI ROCHA, Leonardo Resende; GUIMARÃES MONTEIRO, Marco Aurélio; RIBEIRO ROCHA, Newton. **Disseminação de Informações em Eficiência Energética. Gerenciamento de Energia Elétrica em Prédios Públicos**. Elaborado por Efficientia/Fupai. Os direitos de impressão deste trabalho são reservados à Eletrobrás, 2004.
- [6] Souza, Eduardo Luís da Silva, **Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco**. EL da Silva Souza - lyceumonline.usf.edu.br Acesso em: agosto de 2018
- [7] WEG. **Manual do Usuário ModBus RTU**, Série PLC300, Idioma Português, Número do Documento 10000850708/03, 04/2013, página 7.
- [8] Juliano Marcos Mosko, Luiz Alberto Pilatti, Bruno Pedroso, **Revista de Engenharia e Tecnologia** ISSN 2176-7270 V. 2, No. 1, Abr/2010 Página 22

[9] Fitzgerald, A.E. **Máquinas elétricas**. Porto Alegre: Bookman, 2006

[10] ENERGIA BRASIL, **Capacitação de Empreendedores na Área de Serviços de Eletricidade. Governo Federal**, Casa Civil da Presidência da República, p.11, 2002.

[11] ENERGIA BRASIL, **Guia de Eficiência Energética nas Micro, Pequenas e Médias Empresas. Governo Federal**, Casa Civil da Presidência da República, p.7, 2001.

[12] SENAI, **Guia de eficiência energética nas micro, pequenas e médias empresas**. 2005.

