

**UNIVERSIDADE DE SANTO AMARO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE**

**JEAN BRITTO DE CAMARGO**

**AUTOMAÇÃO DE PROCESSO  
PARA FORNOS INDUSTRIAIS COM ELIPSE E3**

**POLO EDUCACIONAL DE CAMPINAS - SP**

**2024**

# AUTOMAÇÃO DE PROCESSO PARA FORNOS INDUSTRIAIS COM ELIPSE E3

Jean Britto de Camargo RA 4237005

Engenharia de Software

DE CAMARGO, Jean Britto<sup>1</sup>

LAS CASAS, Alexandre<sup>2</sup>

## RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento e implementação de um sistema de comando e supervisão para o conjunto de fornos industriais do tipo poço para tratamento térmico de peças para sistemas de mineração da Indelbrom. O sistema inclui o comando centralizado dos dispositivos de controle dos fornos, a visualização de todas as bases, o registro das temperaturas e percentuais de carbono de todas as fases do aquecimento do material, bem como o registro de eventos e alarmes por meio de um protocolo de comunicação Modbus TCP entre os controladores lógico programáveis, os módulos de controle de temperatura e potência e indicação da planta. O sistema contempla uma base de dados relacional para a otimização do gerenciamento e supervisão das informações e interfaces homem máquina que possibilita o ajuste e controle dos sistemas locais para os controladores lógico programáveis com maior flexibilidade. O sistema foi desenvolvido em linguagens de quarta geração e possibilita a escalabilidade para novas implementações em fornos similares. Os resultados obtidos no projeto demonstraram a eficácia de um sistema supervisorio no controle e monitoramento de processos automatizados e são apresentadas propostas para trabalhos futuros.

**Palavras-chave:** Automação Industrial. Processo. Sistemas Supervisorios.

---

<sup>1</sup> Autor: Graduando em Bacharelado do Curso Engenharia de Software da Universidade Santo Amaro – SP – jbrittoc@terra.com.br. Data da entrega: 22/09/2024.

<sup>2</sup> Orientador: Professor orientador: Alexandre Las Casas: Doutor, Universidade Santo Amaro - SP – acasas@prof.unisa.br

## ABSTRACT

This work describes the development and implementation of a command and supervision system for Indelbrom's industrial shaft-type furnaces for the heat treatment of parts for mining systems. The system includes the centralized control of the furnace control devices, the visualization of all the bases, the recording of temperatures and carbon percentages for all phases of material heating, as well as the recording of events and alarms via a Modbus TCP communication protocol between the programmable logic controllers, the temperature and power control modules and the plant display. The system includes a relational database to optimize the management and supervision of information and human-machine interfaces that make it possible to adjust and control local systems for the programmable logic controllers with greater flexibility. The system was developed in fourth generation languages and is scalable for new implementations in similar furnaces. The results obtained in the project demonstrated the effectiveness of a supervisory system in controlling and monitoring automated processes and proposals for future work are presented.

**Keywords:** Industrial automation. Processes. Supervisory Systems, SCADA

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento térmico de ligas metálicas consiste no aquecimento e resfriamento de maneira controlada dos materiais de forma que os mesmos, possam atingir propriedades mecânicas adequadas às aplicações (CHIAVERINI, 1987). Estas operações quando combinadas a etapas de conformação mecânica são denominados tratamentos termomecânicos. Isto ocorre para que suas propriedades sejam aperfeiçoadas.

Algumas propriedades dos materiais devem ser analisadas para se obter sucesso no tratamento térmico como: a temperatura, tempo de processo, coeficiente de carbono dentre outras (LAWRENCE; VLACK, 1970). Como as peças possuem características de aquecimento e resfriamento não homogêneas os tempos de processo também devem ser diferentes para que não haja trincas no material, uma vez que tanto para o aquecimento quanto para o resfriamento o processo começa pela superfície da peça e aumenta em direção ao centro e isto pode gerar uma diferença na estrutura central e superficial do material (ASKELAND; PHULÉ, 2008).

As ligas ferro-carbono como o aço podem conter concentrações de outros elementos de liga e suas propriedades mecânicas são sensíveis ao teor de carbono que normalmente é inferior a 1% (CHIAVERINI, 2005). Comumente estes aços são classificados de acordo com a concentração do teor de carbono em elevado, médio ou baixo teor de carbono (CALLISTER, 2008).

Os tratamentos térmicos mais comuns realizados em fornos tipo poço são: têmpera e cementação, revenimento e normalização (CHIAVERINI, 1986).

A têmpera visa promover o aumento da dureza, resistência e tração e redução da tenacidade, mas em virtude das tensões geradas durante este processo se faz necessário realizar o tratamento de revenimento após a têmpera para que haja um alívio destas tensões, reduz a dureza e aumentar a tenacidade. A cementação enriquece a superfície da liga com carbono durante a têmpera. A normalização é realizada antes do revenimento e da têmpera a fim de melhorar a uniformidade da microestrutura (COLPAERT, 2008).

Observa-se que os processos de automação industrial começaram a se tornar imprescindíveis com o aumento no desenvolvimento das tecnologias nas áreas produtivas para os executivos e tomadores de decisão (NAVARRO, 2012).

Segundo Boaretto, Kivaleski e Scandelari (2004) a automação industrial tem como objetivo primário, a eliminação ou minimização da intervenção humana em um processo produtivo, quer seja na operação de máquinas como no controle de processos que envolvam variáveis mensuráveis, a partir das quais uma eventual atuação seja necessária para obtenção do produto ou resultado final. A pirâmide de automação é um modelo representativo dos níveis hierárquicos dentro dos sistemas de automação e nos ajuda a compreender os diferentes níveis do processo:

- Nível 1 – Dispositivos de Campo como sensores e atuadores
- Nível 2 – Controladores (CLP, CNC, SDCD, PC)
- Nível 3 – Supervisão e Controle (IHM, PC, SCADA)
- Nível 4 – Otimização de Processo (MES, PMS)
- Nível 5 – Planejamento de Recursos Empresariais (ERP)

O nível 3 é onde encontramos os sistemas SCADA (Supervisory Control e Data Acquisition – Sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados) e a tratativa deste trabalho encontrasse neste nível. Sistemas SCADA permitem o monitoramento e o rastreamento do processo produtivo e de acordo com Kjaer (2003) e Werner e Vetter (2003), permitem a integração dos níveis 1 e 2 da pirâmide da automação industrial com os demais níveis corporativos, ou seja, conectam os níveis 4 e 5 do processo de automação.

Segundo Wang e Liao (2004) os sistemas de supervisão vêm sendo utilizados como conexão as operações de processos industriais a muito tempo. De acordo com Benaissa, Benabdelhafid e Baccouche (2004) e Werner e Vetter (2003) os aplicativos deixaram de operar de forma isolada e passaram a ser integrados a níveis hierárquicos superiores, em função dos requisitos de qualidade fazendo que o nível 1 do chão de fábrica se conectasse aos níveis de decisões corporativas.

De acordo com Blanco, Poli e Barreto (2003) os aplicativos SCADA devem possuir drives de comunicação para se comunicar com dispositivos de controle (PLC,

SDCD) e drivers OPC (OLE for Process Control) para a conectar as informações aos níveis corporativos.

## **2. OBJETIVOS**

Apresentar a necessidade de atualização do sistema de fornos industriais de tratamento térmico cuja instalação data de 2001 e da inexistência de um sistema de controle automático do processo ocasionando diversos prejuízos como perdas de produtividade da instalação; descontrole do consumo de energia e gases de processo; falha e atraso na tomada de decisões em caso de anormalidades do processo como parada inesperada, alarmes de potência e temperatura etc.

### **Objetivos específicos**

- Desenvolver uma comunicação entre o Sistema SCADA e os controladores programáveis.
- Desenvolver uma comunicação entre o Sistema SCADA e os módulos de potência.
- Desenvolver telas de monitoramento de temperaturas e carbono.
- Desenvolver telas de controle manual de automático do processo.
- Criar banco de dados para eventos e alarmes.
- Criar receitas para tratamentos térmicos.
- Criar banco de dados para registro de dados de processo.
- Desenvolver tela para consulta de dados históricos de processo.
- Desenvolver relatórios sobre as consultas de dados históricos e alarmes do processo.

### 3. METODOLOGIA

A aquisição dos sinais de campo para o controle de sistemas industriais automatizados se faz dentre os métodos utilizados atualmente através de controladores lógico programáveis. Segundo Ribeiro (2001) e de acordo com a padronização de tecnologias elétricas e eletrônicas como:

Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica, sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos. O controlador programável e seus periféricos associados são projetados para serem facilmente integráveis em um sistema de controle industrial e facilmente usados em todas suas funções previstas.

A aplicação de controladores programáveis se destaca entre os diversos sistemas pela flexibilidade e facilidade de se desenvolver, armazenar e alterar os programas (FRANCHI; CAMARGO, 2017). Dentre as muitas linguagens de programação a linguagem “*Ladder*” ganha espaço relevante em função da proximidade que ele possui em relação aos conceitos de circuitos elétricos existentes. Sua linguagem gráfica é baseada na lógica de contatos os recursos como temporizadores, contadores, sistemas sequenciais, controles proporcionais, integrais e derivativos auxiliam na aquisição de dados industriais (ROQUE, 2014).

Devido a grande dificuldade de compreensão dos processos industriais em que se incluem os controladores programáveis, sensores, linguagens de programação que contenham muitas linhas de códigos os sistemas supervisórios tem papel importante para facilitar a visualização e o gerenciamento destes sistemas automatizados, com ambientes de desenvolvimento integrados (IDE), onde possuem interfaces gráficas programáveis, que contam com a capacidade de gerar relatórios, alarmes e mostrar em telas de monitoramento o desenvolvimento do processo em tempo real (ROQUE, 2014).

O Elipse E3 agrega todas as características de um sistema supervisório e controle SCADA de terceira geração, e representa a evolução dos sistemas tradicionais cliente/servidor de duas camadas para um modelo de múltiplas

camadas, composto de servidores, regras de aplicação ou de negócio e estações clientes. Segundo a Elipse Software (2024), é possível realização a comunicação com centenas de dispositivos de aquisição de dados e controle através de drives proprietários e OPC (OLE for Process Control).

#### **4. DESENVOLVIMENTO**

O desenvolvimento do sistema foi dividido nas seguintes etapas:

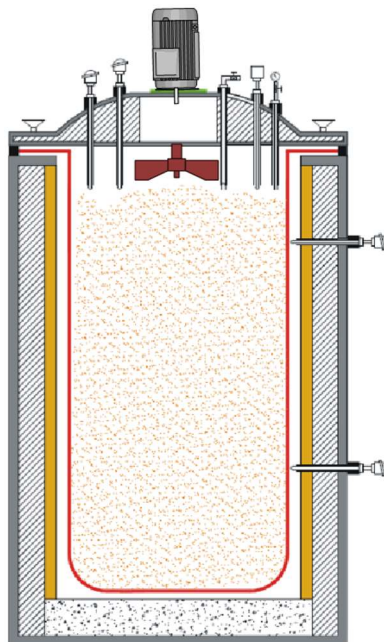
- Estudo do processo;
- Estudo e implementação do protocolo de comunicação com os dispositivos existentes (protocolo Modbus TCP);
- Desenvolvimento de tabelas de dados para dar suporte ao sistema;
- Desenvolvimento da arquitetura do sistema.

##### **4.1 Processo de Têmpera**

Para o processo, a planta utiliza 6 fornos elétricos tipo poço, que se caracterizam por ser um forno de batelada de alta temperatura, pois opera com temperaturas de até 980°C (LUPI, 2017). Eles possuem formato cilíndrico, com as resistências elétricas dispostas em torno da parede interna feita de tijolos refratários. As resistências do topo do forno são divididas por zonas podendo ser de até 5 zonas de aquecimento e são dispostas em formato de camada. O funcionamento das zonas de aquecimento é regulado por controladores PID (Proporcional Integral Derivativo), que recebem o sinal de um único termopar instalado na tampa do forno para controle do processo e termopares espalhados ao longo do forno para o controle das zonas de aquecimento e zonas de segurança. Através desta tampa, localizada na parte superior do equipamento, faz-se o carregamento e descarregamento do forno. Para recircular constantemente a atmosfera interna do forno, na parte inferior da tampa se encontra um rotor de fluxo radial de pás retas. Devido a isso, classifica-se esse forno como de convecção forçada (LUPI, 2017). Abaixo dele está instalada uma chapa circular furada no seu centro, que compõe a carcaça do rotor, fazendo com que o ar seja sugado pelo centro do rotor, tendo saída radial. Para não haver contato entre a carga e as resistências elétricas, o forno possuem uma parede cilíndrica interna feita de placas

de aço. O isolamento térmico das paredes dos fornos é composto de camadas de tijolo refratário e isolante térmico. Na tampa, tem-se isolamento de manta térmica de fibra de vidro como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Indelbrom – Fornos de Tratamento Térmico



Fonte: Autor, 2024

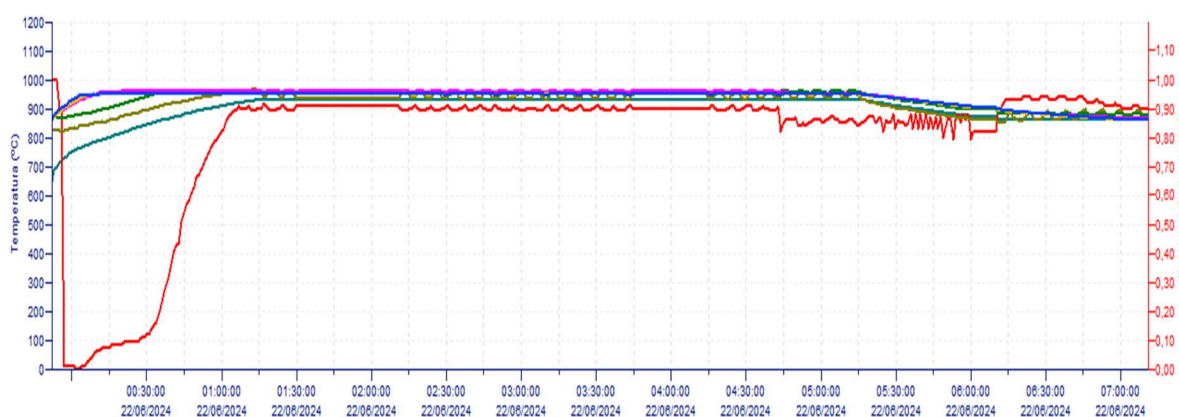
Figura 2 – Indelbrom – Fornos de Tratamento Térmico



Fonte: Indelbrom, 2024

O aquecimento da carga se dá entre temperaturas que variam de acordo com o processo até uma temperatura máxima de 980 °C. Cada carga possui uma receita carregada no início do processo. Dependendo do tipo de produto, o aquecimento pode ser dividido em até 10 etapas. A temperatura é monitorada através de termopares localizados em diversos locais no forno e na tampa. Atingida a temperatura objetivada de têmpera, a carga é mantida nessa condição pelo período programado. Ao longo do processo para o controle e características da liga é realizado a injeção de metanol ou propano e desta forma mantendo a temperatura e o potencial de carbono equilibrados. Desta forma é possível criar uma representação gráfica do forno, conforme figura 3.

Figura 3 – Gráfico de Temperatura e Carbono do Processo de uma Carga



Fonte: Autor, 2024

Para a carga específica representada no gráfico, nota-se a temperatura de processo de 930°C e o percentual de carbono de 0,9%. No caso ilustrado na figura, o tempo total de processo foi de 439 minutos.

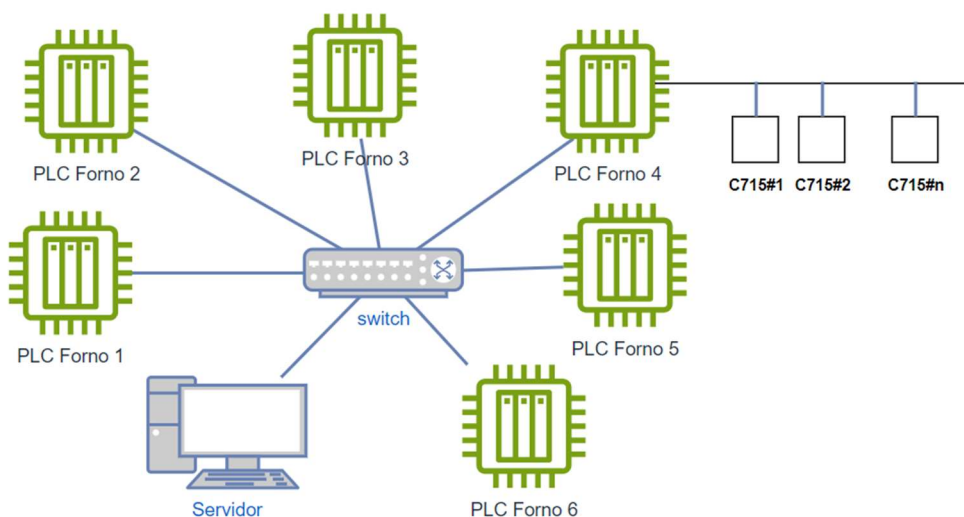
O setor de produção de tratamento térmico da Indelbrom é formado por 6 fornos do tipo poço, sendo 3 deles destinados a têmpera e cementação e 3 destinados ao processo de revenimento. Cada forno dispõe de até 5 zonas de temperatura e uma zona de processo, controladas por controladores Contemp C715, módulos de potência P501, bem como até 5 zonas de temperatura para segurança controladas pelo CLP Delta DVP. Os controladores possuem controle apenas pela comunicação RS485 Modbus RTU com a interface homem máquina local.

## 4.2 Protocolo de Comunicação entre os dispositivos

Cada forno possui um controlador programável (PLC) que está conectado por uma das portas aos dispositivos de controle e indicação bem como aos módulos de potência para aquecimento e permite a conexão de até 31 nós através da comunicação em RS 485 com o protocolo de comunicação Modbus RTU. O PLC se comunica com a interface homem máquina (IHM) através de uma segunda porta de comunicação em RS-232 com o protocolo DVP.

Para comunicação com o controlador Contemp C715 é necessária a contínua leitura dos canais de SP (setpoint) e PV (process value) e, eventualmente, do canal de saída analógica (0 a 100%). A mudança do setpoint do controlador é feita mediante a requisição do operador através da IHM, de acordo com a etapa corrente do processo. A comunicação com o módulo de potência Contemp P501 é feita pela mesma rede dos controladores de processo em RS-485 com o protocolo Modbus RTU. A Figura 4 representa a interligação dos controladores programáveis com o servidor de banco de dados e sistema SCADA.

Figura 4 – Gráfico de Temperatura e Carbono do Processo de uma Carga



Fonte: Autor, 2024

### 4.3 Desenvolvimento de Tabelas de Dados

O sistema foi complementado com tabelas de dados para suporte à operação contínua do processo. As tabelas e seus respectivos conteúdos são:

- Histórico de produção das cargas: Informações sobre as cargas produzidas, os alarmes e os eventos de processo;
- Configuração do sistema: Informações sobre a configuração dos indicadores e controladores;
- Parâmetros operacionais: Informações sobre as características dos fornos de aquecimento, valores limite de operação, controle manuais etc.;
- Situação das bases: Informações sobre as bases em produção e tempos de processo;
- Cargas programadas: Informações sobre programas e receitas de produção.

### 4.4 Desenvolvimento da Arquitetura do Sistema

Para o sucesso do desenvolvimento o ponto principal foi o conhecimento dos processos envolvidos na produção e o que poderia ser feito para melhorar o controle. A grande necessidade era a centralização remota dos comandos dos controladores, ou seja, possibilitar que de um único lugar o operador modifique os parâmetros de qualquer controlador, a qualquer momento. Um outro ponto era a necessidade de construir receitas de operação para que houvesse padronização dos processos de tratamento. Desse modo, a integração entre os controladores programáveis e o supervisor aqui descrito era indispensável.

Tendo como premissa básica a situação da linha de produção, a idealização da arquitetura foi a utilização do software de supervisão e controle SCADA E3 do fabricante Elipse Software e desenvolvido os seguintes programas:

- Driver de comunicação: realiza a comunicação com os PLC que controlam os motores, controladores de processo e módulos de potência. Conforme mostrado na Figura 2, o sistema acompanha as temperaturas pré-programadas e de acordo com a etapa de aquecimento e

resfriamento, os alarmes/eventos são registrados e mostrados ao operador. Esta comunicação ocorre através do protocolo Modbus TCP.

- Interface homem-máquina: habilita o operador a realizar os processos de requisição de carga para o sistema corporativo, o início de processo de aquecimento, a finalização forçada de processo, a visualização dos alarmes e eventos, a visualização de todas as bases e seus respectivos estados das bases de produção (aquecimento, resfriamento, liberado).
- SGBD: realiza a comunicação entre o banco de dados relacional MySQL e o sistema supervisor Elipse E3. Este banco de dados é responsável pelo armazenamento de todas as receitas e valores de dados dos processos produzidos e encontrasse no servidor de dados.

## 5. RESULTADOS

Os resultados obtidos com a implantação do sistema foram:

- Redução dos atrasos operacionais com identificação imediata das falhas de processo com ganhos de 40% no tempo das cargas.
- Controle do consumo de energia por carga, com redução na ordem de 12%.
- Facilidade de consulta e armazenamento da carta de temperatura do ciclo de recozimento, definida em norma de qualidade para fornos industriais;
- Possibilidade de geração de documentação de rastreabilidade das cargas produzidas para seus clientes.
- Melhoria das condições de trabalho dos operadores: redução do tempo de exposição ao calor e ao ruído, acesso a componentes elétricos e melhor ergonomia.

A seguir é apresentado detalhes dos componentes do sistema de automação integrado desenvolvido para a aplicação dos fornos industriais da Indelbrom do Brasil.

Figura 5 – Tela Inicial com Autenticação de Usuário

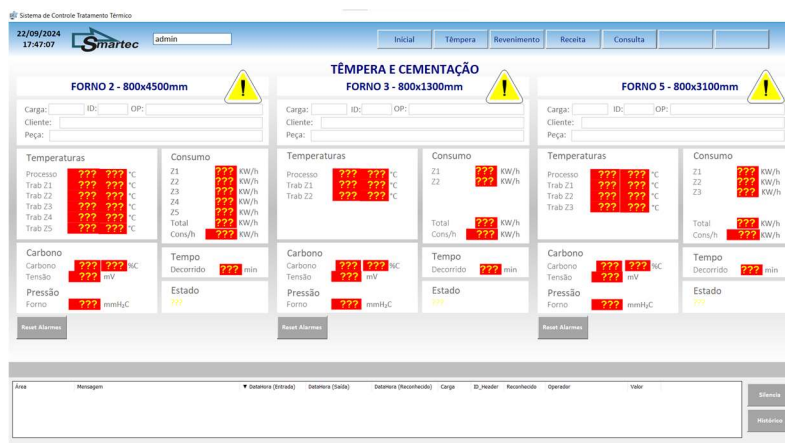


Fonte: Autor, 2024

O acesso ao sistema é através de autenticação de usuários como pode ser visto na figura 5, passo importante para a segurança cibernética e acesso não autorizado pelos funcionários da empresa. Cada usuário tem um nível de acesso com alçadas personalizadas, definindo quais ações e páginas ele pode utilizar. Apenas os usuários Administradores do sistema podem alterar as alçadas de acesso de cada usuário, entretanto, o usuário tem o privilégio de alterar sua própria senha de acesso.

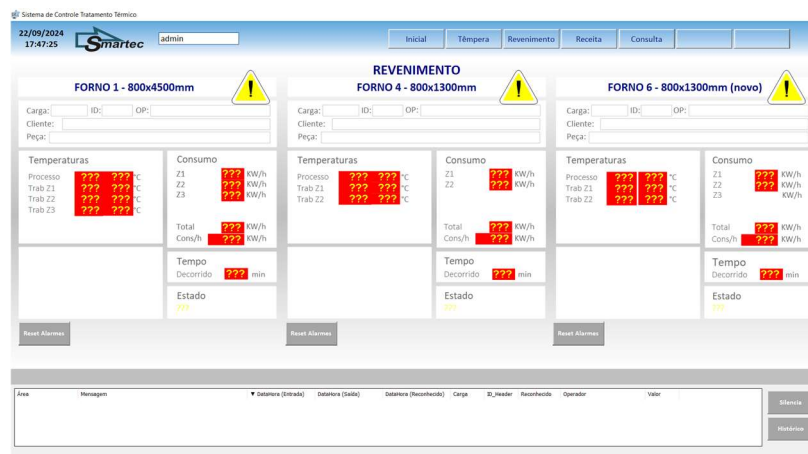
Desenvolvida uma tela sinótica para cada um dos grupos de tratamento entre têmpera e cementação visto na figura 6 e para o tratamento de revenimento conforme figura 7. Nestas figuras alguns campos estão em vermelho com uma interrogação, isto pelo fato de que ao gerar as figuras o sistema não estava conectado aos controladores no processo. Ao acessar uma destas telas é possível clicar no nome do forno e entrar na tecla de detalhes específica de cada forno.

Figura 6 – Telas Sinótico Geral Têmpera e Cementação



Fonte: Autor, 2024

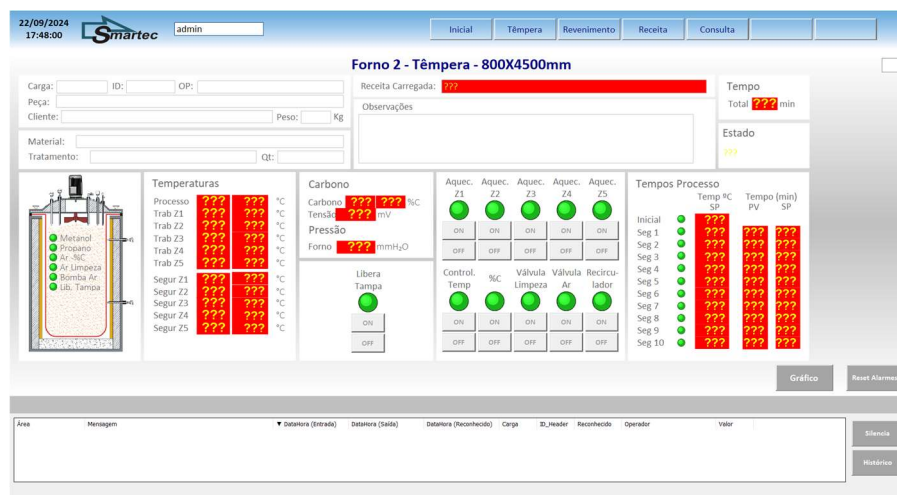
Figura 7 – Telas Sinótico Geral Revenimento



Fonte: Autor, 2024

Na tela de detalhes do forno da figura 8 o usuário poderá ao iniciar uma carga de tratamento térmico entrar com todos os dados relevantes que irão ser salvos em banco de dados juntamente com os valores de processo. A cada 10 minutos do forno em operação o sistema irá armazenar em banco de dados para consulta futura todos os registros de temperatura e percentual de carbono da carga. Uma carga poderá levar até algumas horas para completar seu processo.

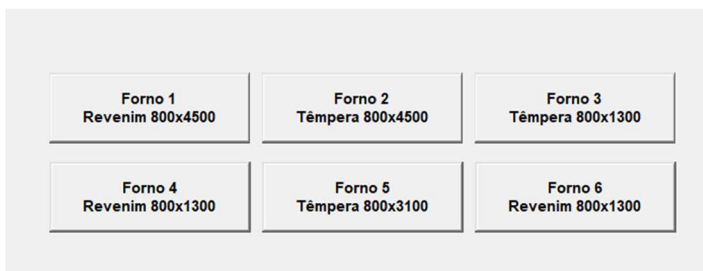
Figura 8 – Tela detalhes - Têmpera



Fonte: Autor, 2024

A criação de receitas foi um dos objetivos específicos do desenvolvimento do projeto. Na figura 9 é possível verificar que existem receitas distintas para cada forno, uma vez que os mesmos divergem em tamanho e potência. Desta forma, as receitas de processo são armazenadas de forma personalizada.

Figura 9 – Tela Menu Receitas



Fonte: Autor, 2024

Ao selecionar a receita do forno pretendido uma tela geral das receitas daquele forno é apresentada em formato de tabela como pode ser visto na figura 10, ficando os usuários administradores livres para carregar, editar, criar ou deletar qualquer receita, porém, os demais usuários apenas para carregar em processo a receita selecionada.

Figura 10 – Tela Seleção de Receitas por Forno

Sistema de Controle Tratamento Térmico

22/09/2024 17:50:16 Admin

Inicial Têmpera Revenimento **Receita** Consulta

**Receita - Forno 2 - Têmpera 800 X 4500**

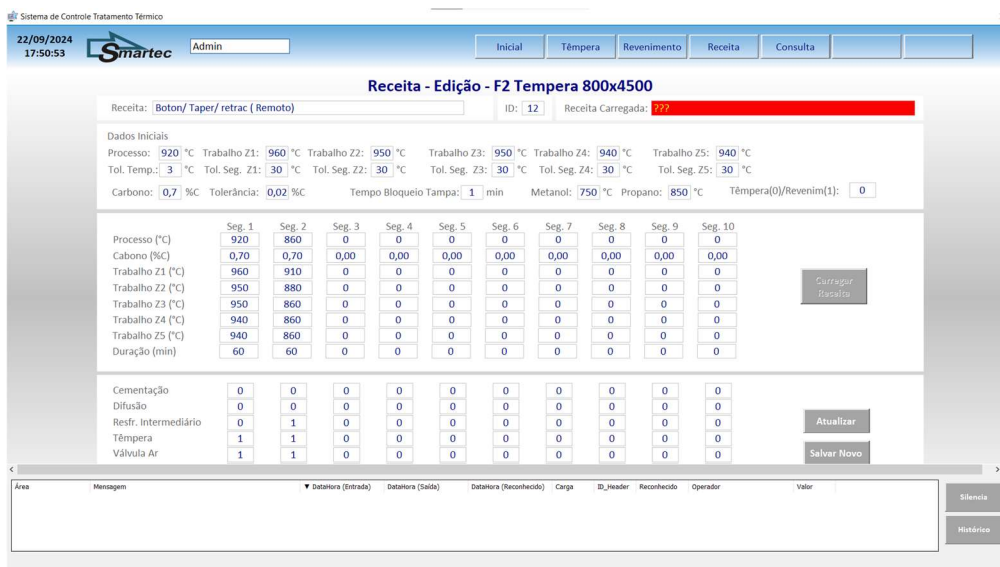
ID	NomeReceita	R_TempPr	R_TempTra	R_TempTra	R_TempTra	R_TempTra	R_TempLi	R_TempLi	R_Toleranc	R_ToTemp	R_ToTemp	R_ToTemp	R_ToTemp	R_ToTemp	R_ToTemp	R_Carbono	R_To
5	Taxa 1450 (Remoto)	800	801	802	803	804	805	750	851	4	30	31	32	33	34	0,8	0,02
9	Hasta T38T45/F51 (Remoto)	860	910	880	880	860	860	750	815	3	30	30	30	30	30	0,8	0,02
10	Ponteiro T 14" (Remoto)	930	970	960	960	950	950	750	850	3	30	30	30	30	30	0,8	0,02
11	Lava T38 (Remoto)	860	910	880	880	860	860	750	810	3	30	30	30	30	30	0,7	0,02
12	Botox/ Tapax/ retrac (Remoto)	920	960	950	950	940	940	750	850	3	30	30	30	30	30	0,7	0,02
13	Almofada (Remoto)	920	970	960	960	950	950	750	840	3	30	30	30	30	30	0,7	0,02
15	Ponta T38 (Remoto)	930	970	960	960	950	950	750	850	3	30	30	30	30	30	0,8	0,02
16	ponta T45 (Remoto)	930	970	960	960	950	950	750	850	3	30	30	30	30	30	0,9	0,02
17	Ponta T51 (Remoto)	930	970	960	960	950	950	750	860	3	30	30	30	30	30	0,9	0,02
18	Ponta T61 (Remoto)	930	970	960	960	950	950	750	850	3	30	30	30	30	30	0,9	0,02
19	Bloca 3/4" e 7/8" (Remoto)	860	910	880	880	860	860	750	810	3	30	30	30	30	30	0,8	0,02
20	Hasta T60 (Remoto)	920	960	950	940	940	940	750	850	3	30	30	30	30	30	0,8	0,02
21	Hasta T38 - Sarcas 23 (Remoto)	920	960	950	950	940	940	750	850	3	30	30	30	30	30	0,6	0,03

Registro: 1 de 13

Fonte: Autor, 2024

Ao usuário realizar um click duplo na linha do campo da receita da figura 10 será aberta uma nova tela com todos os detalhes da receita selecionada, como pode ser visto na figura 11. Apenas usuários administradores podem excluir, editar ou criar novas receitas.

Figura 11 – Tela Edição de Receita por Forno



Fonte: Autor, 2024

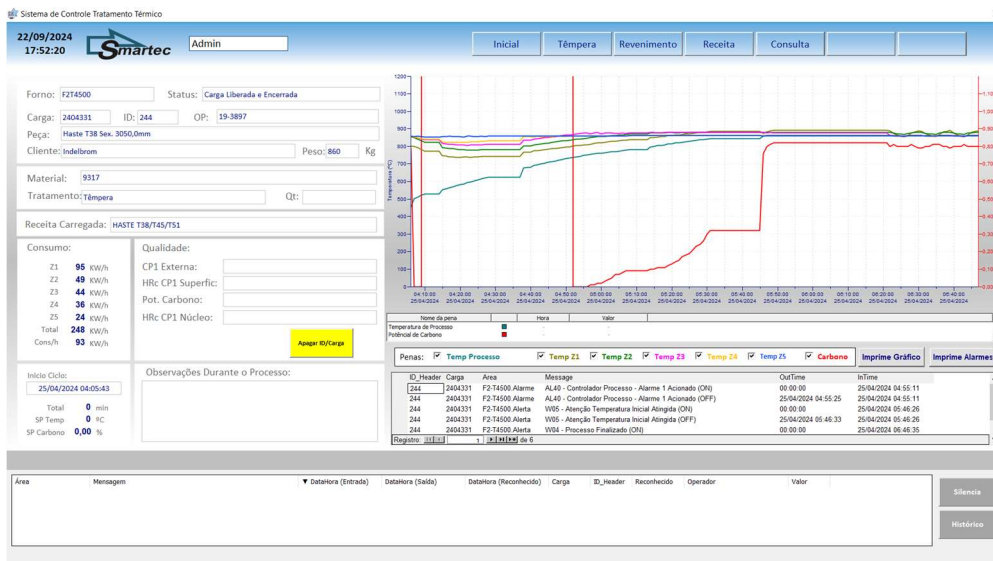
Todas as cargas de tratamento térmico realizadas e concluídas podem ser consultadas a qualquer tempo, como pode ser visto na figura 12. A realização de filtros para as consultas é definida pelo número da carga ou por data do processo. Nos detalhes da carga selecionada da figura 13 são armazenadas informações sobre as temperaturas e percentual de carbono do processo com intervalos de 10 minutos e os alarmes gerados durante a carga. Estes dados são a base para a rastreabilidade das peças produzidas.

Figura 12 – Tela Consulta Cargas Produzidas



Fonte: Autor, 2024

Figura 13 – Detalhes Carga Produzida

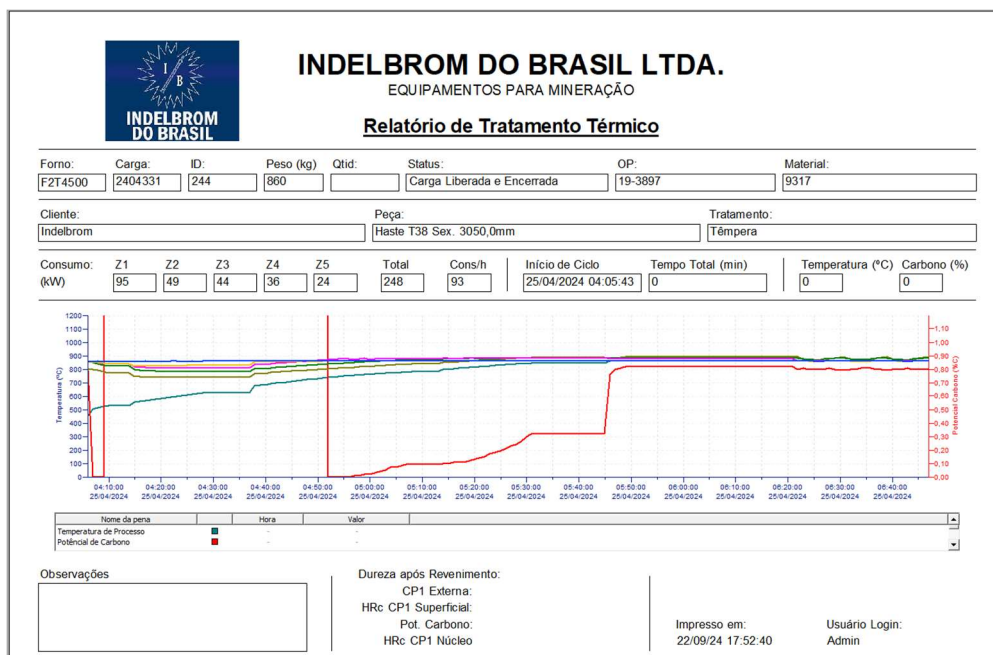


Fonte: Autor, 2024

Além das consultas online pelo sistema, é possível ainda realizar impressão de dois tipos de relatórios, como pode ser visto nas figuras 14 e 15:

- Relatório Gráfico do Tratamento Térmico (figura 14).
- Relatório dos Alarmes Gerados durante o Tratamento Térmico (figura 15).

Figura 14 – Relatório Gráfico – Carga Produzida



Fonte: Autor, 2024

Figura 15 – Relatório Alarmes – Carga Produzida



**INDELBROM DO BRASIL LTDA.**  
EQUIPAMENTOS PARA MINERAÇÃO

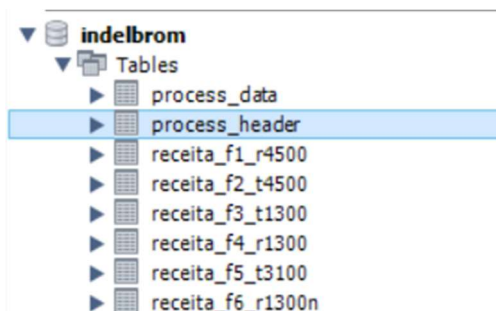
**Relatório de Tratamento Térmico - Alarmes**

ID:	Carga:	Forno:	Hora Entrada	Hora Saída	Mensagem
244	2404331	F2-T4500	25/04/2024 04:55:11	00:00:00	AL40 - Controlador Processo - Alarme 1 Acionado (ON)
244	2404331	F2-T4500	25/04/2024 04:55:11	25/04/2024 04:55:25	AL40 - Controlador Processo - Alarme 1 Acionado (OFF)
244	2404331	F2-T4500	25/04/2024 05:46:26	00:00:00	W05 - Atenção Temperatura Inicial Atingida (ON)
244	2404331	F2-T4500	25/04/2024 05:46:26	25/04/2024 05:46:33	W05 - Atenção Temperatura Inicial Atingida (OFF)
244	2404331	F2-T4500	25/04/2024 06:46:35	00:00:00	W04 - Processo Finalizado (ON)
244	2404331	F2-T4500	25/04/2024 06:46:35	25/04/2024 06:46:37	W04 - Processo Finalizado (OFF)

Fonte: Autor, 2024

Os dados do processo são armazenados no SGBD MySQL no servidor local e uma rotina de backup permite que sejam copiados para o servidor da corporação. Nas figuras 16 a 19 é possível verificar as estruturas do SGBD.

Figura 16 – Tabelas SGBD - MySQL



indelbrom

- Tables
  - process\_data
  - process\_header
  - receita\_f1\_r4500
  - receita\_f2\_t4500
  - receita\_f3\_t1300
  - receita\_f4\_r1300
  - receita\_f5\_t3100
  - receita\_f6\_r1300n

Fonte: Autor, 2024

Figura 17– Detalhes Entidades – Tabela Processo MySQL

Table Name:  Schema: **indelbrom**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

Column Name	Datatype	PK	NN	UQ	B	UN	ZF	AI	G	Default/Expression
ID	INT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Carga	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
OP	VARCHAR(25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Peca	VARCHAR(50)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Cliente	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Peso	VARCHAR(4)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Material	VARCHAR(50)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Tratamento	VARCHAR(30)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Quantidade	VARCHAR(12)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
DataHora	TIMESTAMP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CURRENT_TIMESTAMP
QCPExterno	VARCHAR(25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
QCPSuperficial	VARCHAR(25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
QCPNucleo	VARCHAR(25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
QCarbono	VARCHAR(25)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
Obs	VARCHAR(200)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''

Fonte: Autor, 2024

Figura 18 – Detalhes Entidades – Tabela Receita MySQL

Table Name:  Schema: **indelbrom**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

Column Name	Datatype	PK	NN	UQ	B	UN	ZF	AI	G	Default/Expression
ID	INT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
NomeReceita	VARCHAR(45)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	''
R_TempProcesso_Inicial	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TempTrabalhoZ1_Inicial	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TempTrabalhoZ2_Inicial	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TempTrabalhoZ3_Inicial	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TempTrabalhoZ4_Inicial	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TempTrabalhoZ5_Inicial	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_Temp_Lib_Metanol	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_Temp_Lib_Propano	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_ToleranciaTemp	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TolTempSeg_Z1	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TolTempSeg_Z2	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TolTempSeg_Z3	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
R_TolTempSeg_Z4	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'

Fonte: Autor, 2024

Figura 19 – Detalhes Entidades – Tabela Dados de Processo MySQL

Table Name:  Schema: **indelbrom**

Charset/Collation:   Engine:

Comments:

Column Name	Datatype	PK	NN	UQ	B	UN	ZF	AI	G	Default/Expression
id	INT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
id_Header	INT	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
DataTime	DATETIME	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
Carbono	DOUBLE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
TempProcess	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
TempTrabZ1	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
TempTrabZ2	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
TempTrabZ3	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
TempTrabZ4	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'
TempTrabZ5	INT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	'0'

Fonte: Autor, 2024

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um estudo do desenvolvimento de um sistema de comando e supervisão para o conjunto de fornos industriais do tipo poço para tratamento térmico, a partir da utilização de software E3 da Elipse Software.

O resultado obtido está de acordo com o que foi proposto inicialmente. Isso pois, foi possível estabelecer a comunicação com todos os módulos do sistema e obter e controlar as variáveis do processo. Além disso, foi possível armazenar em um banco de dados relacional todos os valores de processo das cargas de tratamento térmico. Por fim, foi possível gerar relatórios de rastreabilidade dos processos de tratamento térmico.

No decorrer do desenvolvimento da solução, as seguintes questões foram levantadas:

- A viabilidade técnico-econômica da utilização de pacotes de software SCADA comerciais foi totalmente comprovada.
- O desenvolvimento permite pleno domínio da aplicação e permite implantá-la em outros fornos do tratamento térmico, com aproveitamento do código e baixos investimentos de licenciamento.

Para melhorias futuras, vale utilizar servidores de armazenamento em nuvem para a garantia da integridade dos dados e acesso de dados por outros sistemas. Outra sugestão é a implementação do protocolo de comunicação OPC de modo a estabelecer a comunicação com sistemas de gerenciamento ERP do corporativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKELAND DR, PHULÉ PP. **Ciência e engenharia dos materiais**. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

BENAISSA, M.; BENABDELHAFID, A.; BACCOUCHE, M. **Integration Of Manufacturing Production and Planning Based in SOAP System**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY, 2004.

BLANCO, P.M.P.A.; POLI, M.A.; BARRETO, M.R.P. OPC And CORBA In **Manufacturing Execution Systems: A Review**. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION, 9, 2003, Lisboa, Portugal, Proceedings...p. 50-57.

BOARETTO, N.; KIVALESKI, J.L.; SCANDELARI, L. **Coleta de dados e monitoramento de chão de fábrica na manufatura discreta – integração com as ferramentas de gestão**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11, 2004, Bauru, Brasil.

CALLISTER WD. **Ciência e engenharia de materiais – Uma introdução**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CHIAVERINI V. **Aços e ferros fundidos**. 7ª ed. São Paulo: ABM, 2005.

CHIAVERINI V. **Tecnologia mecânica**, vol. III. 2ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

COLPAERT H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher; 2008.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luis Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2017.

ELIPSE. **Sistema Supervisório Elipse E3**. Disponível em: <<https://www.elipse.com.br/produto/elipse-e3/>>. Acesso em 22 set. 2024

INDELBROM. **A empresa**. Disponível em <<https://www.indelbrom.com.br/empresa.html>> . Acesso em 22 set, 2024.

KJAER, A. P. **The Integration Of Business And Production Processes: How Control Systems Thinking Affects All Aspects Of An Organization**. IEEE Control Systems Magazine, v.23, n.6, dez. 2003, p. 50-58.

LUPI, S. **Fundamentals of Electroheat – Electrical Technologies for Process Heating**, Springer International Publishing, 1st edition, 2017.

LAWRENCE H, VLACK V. **Princípios de ciências dos materiais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1970.

MILANE, A. **MySQL Guia do programador**. São Paulo: Novatec Editora, 2006.

MYSQL. **MySql Workbench. 2024**. Disponível em:  
<<https://www.mysql.com/products/workbench/>>. Acesso em: 22 set. 2024.

NAVARRO, D. A. **Estudo dos fatores para avaliação de projetos na gestão de portfólio em uma empresa de bens de consumo**. Revista de Gestão e Projetos, v. 3, n. 3, p. 291-307, set./dez. 2012.

RIBEIRO, M. A. **Automação Industrial**. 4. Ed, Salvador, BA, out. 2001.

ROQUE, L. A. O. L. **Automação de processos com linguagem Ladder e sistemas supervisórios**. 1º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

WANG, L; LIAO, S.; **Distributed Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Software: Issues And State Of The Art**. In: IEEE SYSTEMS READINESS TECHNOLOGY CONFERENCE, 2004, San Antonio, USA. Proceedings...p. 332-337.

WERNER, T.; VETTER, C. **From Order To Production: A Distinct View On Integration Of Plant Floor And Business Systems**. In: IEEE CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION, 2003, Lisboa, Portugal. Proceedings... v.1, p.276-281.