

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ELETRÔNICA  
TECNOLOGIA EM CONTROLE E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**WILLIAN ANTUNES DE SOUZA UBALDO**

**AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE ABASTECIMENTO DE  
URÉIA ATRAVÉS DO CONTROLE DE NÍVEL NA PRODUÇÃO DE  
MDF**

**PONTA GROSSA**

**2016**

**WILLIAN ANTUNES DE SOUZA UBALDO**

**AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE ABASTECIMENTO DE URÉIA  
ATRAVÉS DO CONTROLE DE NÍVEL NA PRODUÇÃO DE MDF**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Tecnólogo em  
Automação Industrial, do Departamento  
Acadêmico de Eletrônica, da  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná.

Orientador: M.Eng. Julio C. G.

**PONTA GROSSA**

**2016**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Graduação e Educação Profissional



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE ABASTECIMENTO DE URÉIA ATRAVÉS DO  
CONTROLE DE NÍVEL NA PRODUÇÃO DE MDF

por

WILLIAN ANTUNES DE SOUZA UBALDO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 24 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Julio Cesar Guimarães, Msc.**  
Prof. Orientador

---

**Eduardo Moletta, Msc.**  
Membro titular

---

**Jeferson José Gomes, Msc.**  
Membro titular

---

**Jeferson José Gomes, Msc.**  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão  
de Curso

---

**Julio Cesar Guimarães, Msc.**  
Coordenador do Curso  
UTFPR - Campus Ponta Grossa

- O TERMO DE APROVAÇÃO ASSINADO ENCONTRA-SE ARQUIVADO NA  
SECRETARIA ACADÊMICA -

## RESUMO

UBALDO, Willian A. de Souza. **AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE ABASTECIMENTO DE URÉIA ATRAVÉS DO CONTROLE DE NÍVEL NA PRODUÇÃO DE MDF.** 2016. 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O projeto de Automação do Processo de Abastecimento de Uréia através do Controle de Nível na Produção de MDF relaciona os benefícios da automação industrial, de modo que se tenha confiabilidade e determinismo em um processo específico para controle de nível. Onde o controle de nível é feito de modo manual é possível melhorar a precisão e o tempo de resposta do sistema implantando-se a automação, que é objeto de estudo no presente projeto. Analisou-se o controle de nível de forma prática utilizando um sensor, cujo sinal analógico é escalonado através de um Controlador Lógico Programável, e representado por meio de ilustrações gráficas via sistema SCADA. Foram considerados dois modelos de sensores para o controle de nível de resina, o sensor de distância ultrassônico e o óptico, ambos os sensores ajustados para emitir um sinal de 4 a 20mA. O projeto analisa de forma prática razões para automatizar um sistema manual e garantir que não haja falhas referentes a medições no processo de abastecimento de resina.

**Palavras-chave:** Automação. Controlador Lógico Programável. Sensores. Nível. SCADA.

## ABSTRACT

UBALDO, Willian A. de Souza. **UREA SUPPLY PROCESS AUTOMATION WITH LEVEL CONTROL IN MDF PRODUCTION**. 2016. 35 p. Course Conclusion Paper (Technology in industrial automation) - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2016.

The Urea Supply Process Automation project with Level Control in MDF Production relates the benefits of industrial automation, so that the reliability and determinism will be increases in a specific process for level control. Where the level control is made manually it's possible improve the system precision and time of response by implementing automation. In a practical way the level control was analyzed, which the analogical sign is staggered through a Programmable Logic Control and represented by graphic illustrations via SCADA system. For the resin level control two types of distance sensors has been considerate: ultrasonic and optic, both adjusted to emit a 4-20mA signal. The project analyses reasons for automate a manual system on a practical way to ensure that can be no measuring erros in resin suplly process.

**Keywords:** Automation. Programmable Logic Control. Sensors. Level. SCADA.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Tanque de resina melamina.....	9
Figura 2: Linha de produção impregnadora de papel.....	11
Figura 3: Analogia de um sinal analógico com um sinal digital .....	12
Figura 4: Visor de nível de um reservatório.....	15
Figura 5: Medição por bóia.....	15
Figura 6: Sensor de nível ultrassônico .....	16
Figura 7: Sensor de nível célula de carga .....	16
Figura 8: Controlador Lógico Programável.....	18
Figura 9: Diagram Ladder .....	19
Figura 10: Function Block.....	20
Figura 11: Instruction List .....	20
Figura 12: Structured Text.....	21
Figura 13: Sequential Function Chart.....	21
Figura 14: Camadas de rede.....	22
Figura 15: Sensor de distância Óptico .....	26
Figura 16: Sensor de distância Ultrassônico .....	26
Figura 17: Painel de elétrico de campo .....	27
Figura 18: Modulo de entrada analógica 1794-IE8.....	28
Figura 19: Modulo de comunicação 1794-ADNS .....	28
Figura 20: Programação e escalonamento das variáveis.....	29
Figura 21: Escalonamento da variável .....	30
Figura 22: Representação gráfica via supervisorio .....	30
Figura 23: Gráfico 1 de oscilação dos sensores.....	31
Figura 24: Gráfico 2 de oscilação dos sensores.....	32
Figura 25: Reprodutibilidade e Precisão dos sensor óptico .....	32
Figura 26: Alarme de baixo nível de resina .....	33
Figura 27: Coluna luminosa sala de controle .....	34

## LISTA DE SIGLAS

CLP: Controlador Lógico Programável;

CPU: Unidade Central de Processamento;

FBD: *Function Block Diagram* (Linguagem de Programação Gráfica);

IHM: Interface Homem Máquina;

I/O: Entradas e Saídas de Controlador Lógico Programável;

IEC: *International Electro-technical Commission* (Comissão Eletrotécnica Internacional);

IL: *Instruction List* (Linguagem de Programação de Textos Estruturados);

SFC: *Structured Function Chart* (Linguagem de Programação de Gráficos de função sequencial);

IP: *Internet Protocol* (Protocolo de Comunicação Internet);

IFM: Fabricante de Sensores;

IFA: Área Onde estão Localizados os Tanques de Resinas;

MDF: Placa de Fibra de Madeira de Média Densidade;

PC's: Computadores Industriais;

ROM: *Ready Only Memory* (Memória de Leitura);

RAM: *Random Access Memory* (Memória de acesso Aleatório);

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	<b>3</b>
<b>abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1 <i>TEMA DA PESQUISA</i> .....	8
1.2 <i>DELIMITAÇÃO DO TEMA</i> .....	9
1.3 <i>PROBLEMA</i> .....	9
1.4 <i>PREMISSA</i> .....	9
1.5 <i>OBJETIVOS</i> .....	10
1.5.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	10
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	10
1.6 <i>JUSTIFICATIVA</i> .....	10
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
2.1 <i>PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAPEL IMPREGNADO</i> .....	11
2.2 <i>VARIÁVEIS</i> .....	11
2.3 <i>SENSORES</i> .....	12
2.4 <i>SENSORES ANALÓGICOS E DIGITAIS</i> .....	12
2.5 <i>CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES</i> .....	13
2.6 <i>NÍVEL</i> .....	14
2.7 <i>TIPOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL</i> .....	14
2.8 <i>CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL</i> .....	17
2.8.1 <i>CLP Allen Bradley – Control Logix</i> .....	22
2.8.2 <i>Rede</i> .....	22
2.8.3 <i>Rede ControlNet</i> .....	23
2.9 <i>SUPERVISÓRIO</i> .....	24
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>24</b>
3.1 <i>DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</i> .....	24
3.1.1 <i>Levantamento de dados</i> .....	24
3.1.2 <i>Dimensionamento do sensor</i> .....	25
3.1.3 <i>Configuração e instalação dos sensores</i> .....	27
3.1.4 <i>Aquisição de dados no CLP</i> .....	28
3.1.5 <i>Exportar dados do CLP para o supervisório</i> .....	29
<b>4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
4.1 <i>VALORES DE AMOSTRAGEM DOS SENSORES</i> .....	31
4.2 <i>CONTROLE DE NÍVEL VIA SUPERVISÓRIO</i> .....	33
4.3 <i>REGISTROS DE FALHA OPERACIONAL</i> .....	34
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será apresentado o estudo da automatização de nível de tanques no processo de fabricação de MDF (Placa de Fibra de Madeira de Média Densidade) de uma fábrica da região, o que pode trazer muitos benefícios para a otimização do processo. Ferreira (2010) apresenta quatro razões importantes para automatizar um processo, sendo elas:

- i) Qualidade: qualidade do produto e supressão de falhas humanas;
- ii) Segurança: através de um sistema automatizado a probabilidade de ocorrência de acidentes entre os trabalhadores fabris é consideravelmente reduzida;
- iii) Humanização: o processo automatizado proporciona um ambiente de trabalho com qualidade, permitindo ao colaborador maior dedicação aos processos de controle e monitoramento, permitindo, além disso, que o indivíduo se dedique ao desenvolvimento de melhorias no processo;
- iv) Racionalização: redução do número de mão de obra necessária, facilitando assim a expansão do processo.

A empresa onde será realizado o trabalho de pesquisa é fabricante de painéis e produtos de madeira, para serem utilizados na indústria moveleira e na construção civil. A fábrica da região atualmente produz MDF com revestimento melamínico, sendo que para chegar até o produto final são necessárias seis linhas de produção, sendo elas, a produção de MDF cru, ou seja, MDF sem o revestimento melamínico, duas linhas de produção de papel impregnado e três linhas de produção de revestimento do papel impregnado com o MDF cru.

O projeto de automatização do processo de abastecimento de uréia através do controle de nível foi desenvolvido no processo de impregnação de resina no papel, onde o abastecimento de resinas tem sido realizado manualmente.

### 1.1 TEMA DA PESQUISA

Automatização do processo de abastecimento de uréia, através de um sistema supervisor fazer o controle de nível em tempo real.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

É um estudo realizado em uma empresa do setor madeireiro na cidade de Ponta Grossa, no processo do controle de nível de tanques, em uma das etapas do processo de impregnação de resina no papel laminado.

## 1.3 PROBLEMA

Durante a produção de papel impregnado, utilizam-se resinas de melamína e uréia, tais resinas são misturadas com mais alguns aditivos, de acordo com a receita determinada. Após a combinação serão utilizadas no processo. Toda resina aplicada no processo de impregnação, fica armazenada em tanques distintos de capacidade de 25 mil litros cada tanque, conforme se observa na Figura-1.



**Figura 1: Tanque de resina melamina**  
**Fonte: Masisa (2014)**

Sua indicação de nível é realizada de maneira direta, através de uma tubulação transparente com uma bóia interna, sobreposta a uma régua graduada, indicando o nível dos tanques. A falta de automatização desse processo leva a um grande custo operacional, e torna-se dependente da leitura correta do operador.

## 1.4 PREMISSA

Espera-se que com o controle de nível dos tanques automatizados:

- Menor custo operacional no processo de abastecimento;

- Maior segurança em relação ao operador que realiza a leitura de nível dos tanques;
- Maior confiabilidade e segurança no processo;
- Menos tempo de linha parada.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo Geral

Automatizar o processo de abastecimento de resinas, facilitando ao máximo a operação.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Definir modelo ideal de sensor;
- Estudar compatibilidade dos sensores com a rede do processo;
- Incluir novos módulos de I/O;
- Programar no CLP as variáveis dos sensores analógicos;
- Elaborar gráficos no supervisório;
- Implementar o controle de nível automatizado.

## 1.6 JUSTIFICATIVA

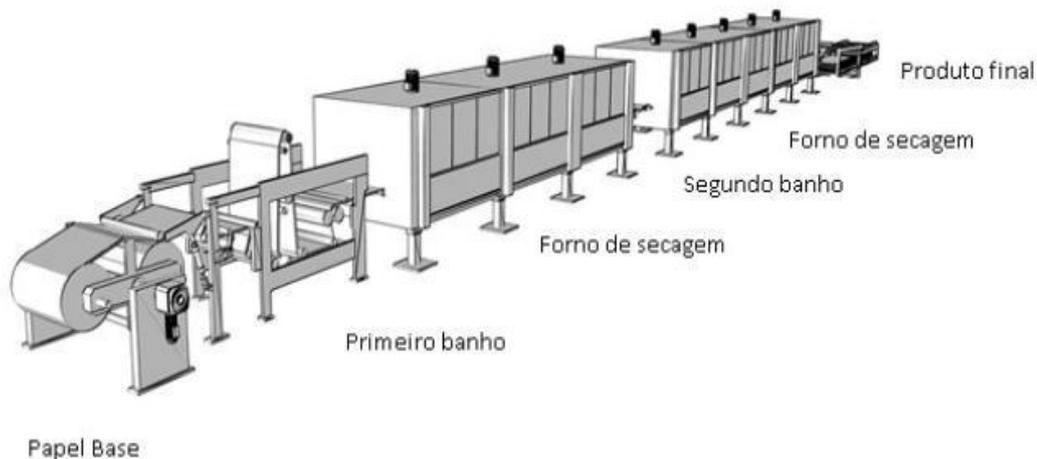
Existe um grande número de perdas significativas referente ao tempo de linha parada, ocasionadas por erros como falta de resina ou válvula fechada, além da dificuldade dos operadores em realizar o abastecimento e controle do processo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

No decorrer dessa revisão serão abordados itens como a linha de produção onde foi desenvolvido o projeto, variáveis de processo, tipos de sensores utilizados na medição de nível, propriedades essenciais para a escolha de um sensor, e a tecnologia referente à automação e controle que foi aplicada nesse projeto.

## 2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO PAPEL IMPREGNADO

Uma das etapas de manufatura do painel de MDF revestido é a linha de produção de papel impregnado, ou também conhecida como impregnadora de papel, conforme apresentado na Figura 2.



**Figura 2: Linha de produção impregnadora de papel**  
**Fonte: Adaptado de Vits (2016)**

De acordo com a Figura 2, no início do ciclo da máquina tem-se o papel base, o qual é fornecido para o equipamento em bobina. O papel base é definido por cor, e desenhos da lamina que será fundida com o MDF posteriormente. O papel é inserido no equipamento seco e distendido por toda máquina até o produto final.

No primeiro banho o papel é submerso em uma banheira, através de rolos movidos por motores, onde cada rolo desempenha uma função pré-determinada no processo. Nessa primeira etapa o papel é impregnado com a resina uréica e aditivos, posteriormente passam na primeira zona de secagem, onde os fornos secam o papel parcialmente.

Quando o papel chega ao segundo banho ele será submerso novamente para obter mais duas camadas de resina melamínica e aditivos, sendo uma na parte superior e outra na inferior. Outra vez passará pelos fornos de secagem, até chegar seco no produto final, no qual será cortado e empilhado em forma de lâminas para a fundição com o MDF.

## 2.2 VARIÁVEIS

As variáveis que são controladas no ambiente industrial são fenômenos físicos, definidas como variáveis do processo, exemplo: nível, velocidade,

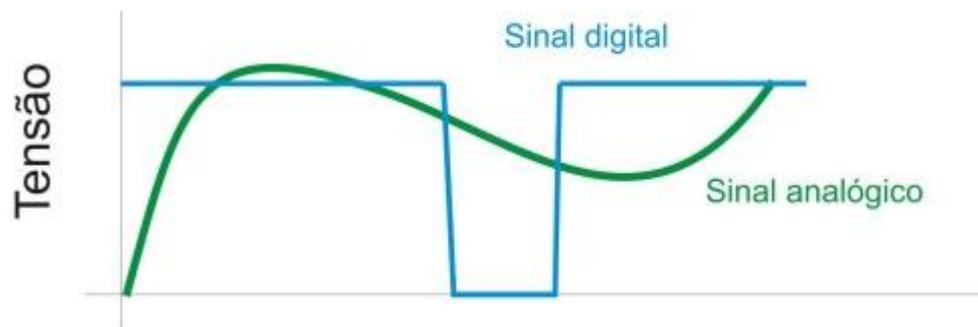
corrente, aceleração, posição, temperatura, pressão, vazão, etc. Os instrumentos que permitem o controle dessas variáveis são denominados sensores, tais equipamentos possibilitam uma precisão maior do que um controle realizado manualmente por um operador humano (LUCENA, 2003).

### 2.3 SENSORES

São dispositivos designados a medições, cujo os quais são sensíveis a certa variação de energia do ambiente, seja ela luminosa, térmica, ou cinética. De acordo com Thomazini e Albuquerque([ca 2000]), não são todos os modelos de sensores que possuem características elétricas que permitam ao operador de máquina o sistema de controle direto. Normalmente o sinal emitido por sensores é manipulado através de Controladores Lógicos Programáveis, onde após a transfiguração dos valores são enviados de forma compreensível para a leitura no sistema de controle.

### 2.4 SENSORES ANALÓGICOS E DIGITAIS

Os sensores podem ser classificados em dois tipos: analógicos e digitais. Figura 3. Os sensores analógicos mesmo com uma tensão limitada dentro de uma faixa, como 4 a 20ma, por exemplo, podem variar em diversos valores de tensão conforme a oscilação da variável controlada. Já os sensores digitais essa variação é limitada, para valores binários 0 e 1, sendo nível lógico baixo 0 e nível lógico alto 1. (PATSKO, 2006)



**Figura 3: Analogia de um sinal analógico com um sinal digital**  
**Fonte: Aplicações, Funcionamento e utilizações de sensores (2006)**

Já existem modelos de sensores que podem trabalhar através de sinais analógicos e digitais, porém a escolha do sinal de saída do sensor é desenvolvida de acordo com a necessidade. Os sinais digitais são geralmente

utilizados na detecção de passagem de materiais e presença de um determinado objeto. Os sinais analógicos são mais utilizados nas medições contínuas, pois o sinal pode utilizar qualquer valor dentro da sua faixa e resolução de operação.

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES

Para escolha de um sensor ideal em uma determinada aplicação industrial, devem ser levadas em considerações importantes características referentes a sensores (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, [ca 2000]). Sendo que tais características foram descritas nos itens a seguir.

- **Sensibilidade:** segundo Argolo et al (2010), a sensibilidade pode ser definida como a relação entre a entrada e a saída de um sinal elétrico, ou seja, a variação do sinal elétrico. Conforme a variação será definida a sensibilidade do sensor.
- **Resolução:** é a menor variação possível de ser detectada pelo sensor. Como exemplo, um sensor capacitivo cuja resolução é dada em 0,1 centímetro, o sensor só terá alteração no sinal de saída quando a variável medida sofre uma variação de 0,1 centímetro, caso a variação seja de 0,05 centímetros não sofrerá nenhuma alteração no sinal de saída.
- **Precisão:** de acordo com Thebas (2009), a precisão é caracterizada pelo maior erro que o sensor pode apresentar.
- **Linearidade:** para um sensor ser linear a variação da variável medida fisicamente deve ser igual ao sinal de saída, caso contrario trata-se de um sensor não linear. (THEBAS, 2009)
- **Velocidade de Resposta:** a mudança de estado do sensor não acontece imediatamente, segundo Brown (1998) velocidade de resposta é o tempo que leva entre a mudança de estado do sinal de saída, com relação ao sinal de entrada.
- **Faixa de Operação:** é determinada como o alcance máximo e mínimo de um sensor, a faixa de trabalho do componente.

## 2.6 NÍVEL

A variável a ser controlada no projeto é o nível, um dos fatores mais significativos em um processo industrial, César et al.(2007 p.1) define o nível como: demarcação que permite a interação entre dois meios. Frequentemente utilizado, um desses meios é o líquido, assim como sólido ou até mesmo a combinação de ambos.

Tais dados dessa variável permitem analisar a quantidade do estoque em tanques de armazenamentos, controlar processos contínuos onde existem tanques cujo acúmulo seja temporário, ou realizando algum tipo receita. Em alguns casos garantindo a segurança e confiabilidade do sistema, pois em certos processos o nível não pode recuar ou ultrapassar uma faixa pré-determinada.

A medição de nível na indústria segundo Saraiva (2011) é utilizada para fins de cálculos de custos e de inventários, além de ser uma variável de grande importância no processo de produção de MDF.

## 2.7 TIPOS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL

A medição de nível pode ser realizada de duas maneiras: medição direta e medição indireta.

No primeiro caso a verificação é realizada utilizando sempre como referência a superfície da variável medida, seja ela líquida ou sólida. César et al. (2007) afirma que na medição direta a variável controlada é obtida através da comparação com alguns padrões ou utilizando equipamentos graduados, nesse tipo de medição utiliza-se a análise visual para determinar o nível.

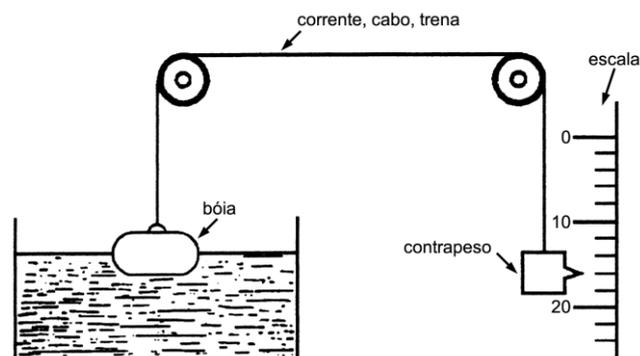
Já na medição indireta o nível é mensurado através de outra grandeza física a ela relacionada, como exemplo, pressão, empuxo e propriedades elétricas. Tal classificação requer o uso de instrumentos mais complexos e dedicados para situações específicas.

A seguir serão apresentados alguns exemplos de medição direta e indireta que algumas indústrias adotam, sendo o primeiro exemplo o medidor de nível de óleo hidráulico, Figura 4, onde se pode ver o nível pelo interior de um visor de vidro.



**Figura 4: Visor de nível de um reservatório**  
**Fonte: Medidores de nível (2007)**

Medidor de nível em tanques abertos, por meio de bóia ou objeto flutuador, Figura 5, que consiste em uma bóia conectada a um cabo tendo em sua outra extremidade um contrapeso, sobreposto a uma régua graduada. Conforme a variação do nível, o contrapeso indicará o valor através da régua graduada.



**Figura 5: Medição por bóia**  
**Fonte: Medidores de nível (2007)**

Medidor de nível ultrassônico, Figura 6, consiste na projeção de pulsos ultrassônicos de alta frequência por meio de um sensor que fica instalado no topo do tanque, onde os pulsos serão refletidos no momento que atingirem a superfície do material que estamos monitorando.



**Figura 6: Sensor de nível ultrassônico**  
Fonte: Burkert fluid control systems (2013)

A célula de carga, Figura 7, é um sensor capaz de transformar a grandeza física força, em grandezas elétricas, conforme a variação do nível. Onde o transdutor é instalado na base do tanque ou silo, no qual deseja controlar o nível.



**Figura 7: Sensor de nível célula de carga**  
Fonte: Técnicas de medição de nível (2011)

A escolha do tipo de medição a ser realizada em um controle de nível consiste em uma análise detalhada de diversas condições, entre elas: o estado físico da variável, pois alguns sensores são mais apropriados para medição de líquidos, enquanto outros são mais adequados para medição de sólidos. Tendo também que levar em consideração outras restrições, como preço, facilidades de instalação, reparo e calibração. (QUINTANILHA; ESTEVÃO FILHO, 2013)

## 2.8 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Conhecido no ambiente industrial pelas siglas CLP o controlador lógico programável é composto por dispositivos que possibilitam o controle de máquinas e equipamentos, de modo que permita ao usuário alterações rápidas na forma de operar as máquinas. No mercado encontra-se uma ampla variedade de CLPs, os quais são destinados a diversos casos específicos de automação de acordo com a necessidade e aplicação na máquina (MAMEDE FILHO, 2010).

As vantagens do CLP em relação à lógica de relés são claras como redução de espaço físico, menor consumo de energia elétrica na fonte de alimentação, a programação pode ser alterada com facilidade, maior confiabilidade, menor tempo de manutenção, possibilidade de realizar interface de comunicação com outros controladores ou até mesmo computadores (PAREDE; GOMES, 2016) .

Os CLPs são formados por um gabinete que integra um determinado número de número de cartões, que também se pode chamar de bloco. Os principais blocos que compõe um CLP são:

- A CPU que é a unidade central de processamento, no qual internamente é composta por componentes eletrônicos como microprocessador, microcontrolador ou processador dedicado, e o sistema de memória ROM e RAM;
- Módulos de entradas e saídas que podem ser sinais digitais ou analógicos;
- Fonte de Alimentação: podem ser alimentado em corrente alternada 110/220 V ou em 24 V corrente contínua, a fonte é responsável pela alimentação de todo o gabinete, fornecendo energia a todos blocos que dispõe o gabinete
- Base ou Rack: é o meio físico que proporciona conexão mecânica e elétrica entre a CPU, os Módulos e a Fonte de Alimentação.

Na Figura 8 pode ser observada a estrutura de um CLP.



**Figura 8: Controlador Lógico Programável**  
**Fonte: Rockwell Automation**

A programação do controlador pode ser realizada em diversos tipos de linguagens, e, devido essa diversidade, foi então criado um comitê da IEC (do inglês, *International Electro-technical Commission*). O comitê foi criado para padronizar os símbolos gráficos, componentes, testes, documentações, programação e instalação de CLP utilizados por diferentes fabricantes, então se estabeleceu à norma internacional IEC 1131 (SCHMIDT; 2008).

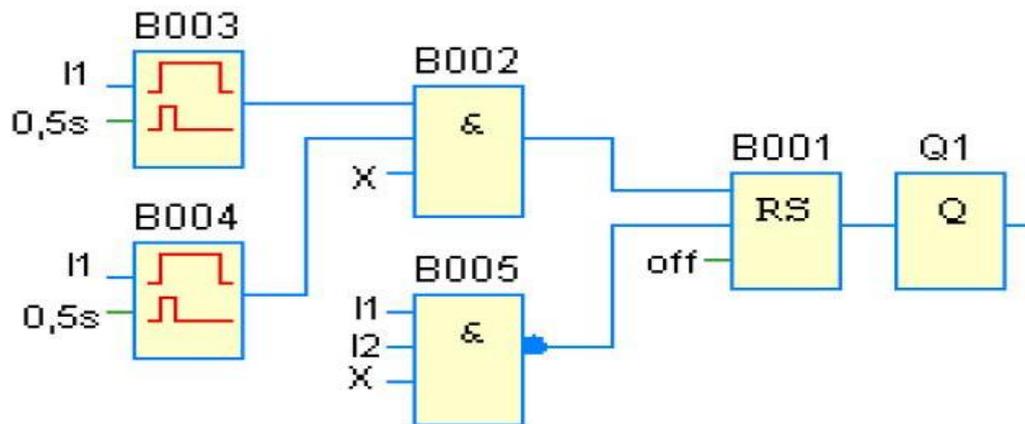
Como afirma Silva (2011), a norma foi publicada em 1992, passando por diversas modificações, até mudar para IEC 61131 que é dividida em oito partes:

- 61131-1 - Informações gerais
- 61131-2 - Requisitos de *hardware*
- 61131-3 - Linguagens de programação
- 61131-4 - Guia de orientação ao usuário
- 61131-5 - Comunicação
- 61131-6 - Comunicação via *Fieldbus*
- 61131-7 - Programação utilizando Lógica *Fuzzy*
- 61131-8 - Guia para implementação das linguagens

As cinco linguagens definida pela norma são: *Ladder Diagram*, *Function Block Diagram* e *Sequential Function Chart* (gráficas); *Structured Text* e *Instruction List* (textuais).

A linguagem gráfica *Ladder Diagram* é a mais comum entre usuários e programadores de CLP, pois a mesma é derivada da lógica de contatos. É possível visualmente imaginar o diagrama ladder apenas virando o desenho do





**Figura 10: Function Block**  
**Fonte: Automação e Controle (2011)**

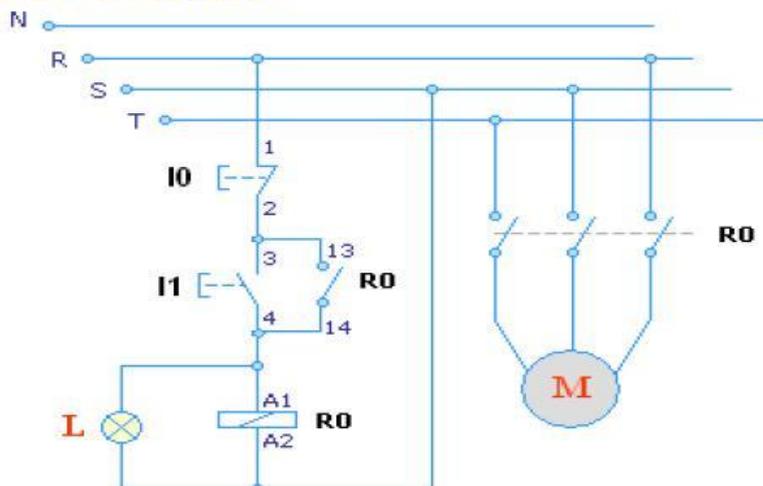
A lista de instrução é uma linguagem textual de baixo nível, seu formato é bastante parecido com o Assembler. O Código Assembler é mais ágil que as demais linguagens de alto nível, pois gera códigos menores, e possibilita a entrada em configurações de hardware (CARTER, 2006). Segundo SILVA (2011) a utilização da lista de instrução é ideal para projetos simples onde existem poucas quebras de fluxo de execução. Abaixo na Figura 11 pode-se observar um exemplo da linguagem.

LD	I00.0	* carrega a entrada I00.0
ANDN	I00.1	* faz um and lógico entre I00.0 e I00.1 invertido
OR		
(		
LDN	I00.0	* carrega a entrada I00.0 invertida
AND	I00.1	* faz um and lógico entre I00.0 invertido e I00.1
)		* faz o OU lógico entre as duas expressões
ST	Q50	* carrega a saída Q50.0

**Figura 11: Instruction List**  
**Fonte: Automação e Controle (2011)**

A linguagem de texto estruturado Figura 12 como o próprio nome diz é uma linguagem textual, diferente da lista de instrução é de nível alto o que permite uma programação mais estruturada, quando associada a comentários é de fácil interpretação, desenvolvedores de softwares assimilam sem dificuldade esse tipo de linguagem.

## O esquema elétrico



## Texto estruturado

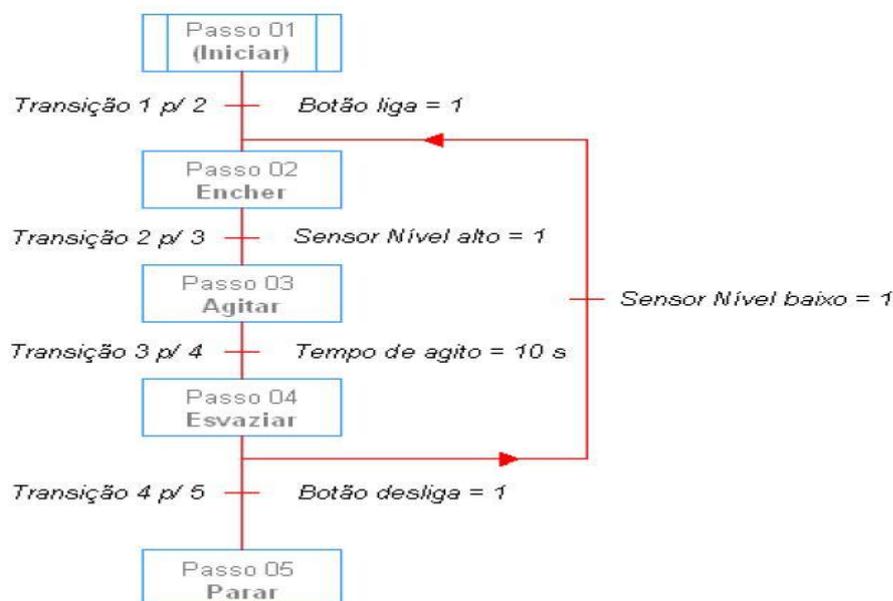
```

IF I1
OR M AND N I0
THEN SET M
IF M
THEN SET L
OTHRW RESET M

```

**Figura 12: Structured Text**  
**Fonte: Automação e Controle (2011)**

SFC são gráficos de função sequencial, de acordo com SILVA(2011) originou-se na França e teve como base o grafcet. É uma linguagem que representa graficamente o comportamento sequencial de uma lógica, onde a transição é associada com uma condição que, quando verdadeira, causa a desativação do passo anterior e a ativação do passo seguinte, conforme a Figura 13.



**Figura 13: Sequential Function Chart**  
**Fonte: Automação e Controle (2011)**

Cada uma dessas cinco linguagens de programação definida pela norma IEC 1131 apresentadas anteriormente, possuem características únicas, onde o

programador de CLP analisa qual linguagem corresponde ao seu tipo de projeto a ser executado e defini qual delas utilizar.

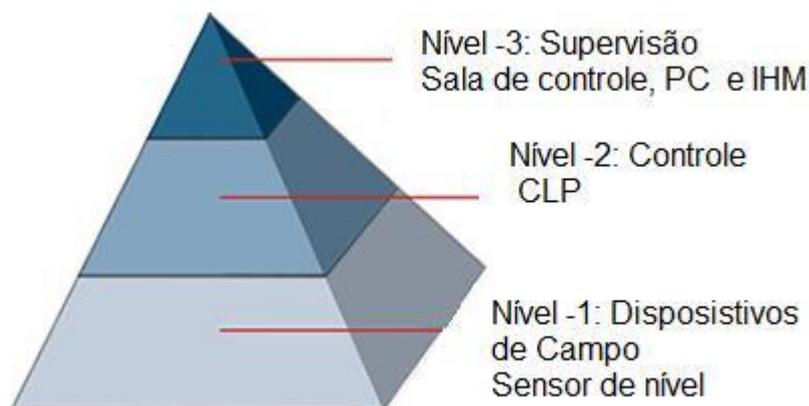
### 2.8.1 CLP Allen Bradley – Control Logix

No ambiente em que foi desenvolvido o projeto o controlador lógico programável é Allen Bradley. O controlador da família Rslogix tem a capacidade de trabalhar em diversos tipos de linguagens de programação, entre elas o Ladder, que foi a linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do projeto.

As plataformas logix da Allen Bradley, possuem arquitetura de redes abertas para NetLinx, isso significa que os modelos de controladores Control Logix comunicam em redes Control Net, Ethernet IP e DeviceNet sem precisar de módulos conversores. (Guia de seleção ControlLogix, 2004)

### 2.8.2 Rede

Para estabelecer a comunicação entre dispositivos de campo e controladores, obter determinismo nos dados do processo, em grandes distâncias, se tem a necessidade de uma rede industrial. Para uma visão de como funciona essa rede em um ambiente industrial, conforme apresentado na Figura 14 foram divididas em três camadas, consideradas essenciais para a aplicação de um projeto. Conforme a pirâmide abaixo:



**Figura 14: Camadas de rede**  
**Fonte: Adaptado de Santos (2013)**

Dispositivo de campo é o primeiro item da nossa pirâmide, são sensores e atuadores que ficam instalados no chão de fábrica, esse nível faz parte da conexão direta com os módulos de entrada e saída dos controladores.

O segundo nível geralmente fora do chão de fábrica, encontra-se o controlador lógico programável, onde os dados trafegam de CLP's para PC's em alguns casos, ou ate mesmo de CLP para outro CLP dependendo da necessidade do processo.

O Ultimo nível refere-se ao gerenciamento do processo, onde as variáveis do processo ficam armazenadas em bancos de dados, temos ferramentas como o sistema supervisório, IHM's e PC's.

### 2.8.3 Rede ControlNet

Na linha de produção onde foi desenvolvido o projeto, a rede de comunicação entre controlador lógico programável e periféricos, é a ControlNet, esse protocolo foi desenvolvido e criado pela Allen Bradley em 1995, é um protocolo aberto, que atende a necessidade do controle do processo em tempo real.

O Quadro 1 mostra algumas características importantes do protocolo ControlNet

Quadro 1: Desempenho Rede ControlNet

Recursos	Descrição
Topologia	Linha tronco, derivação Estrela Árvore Anel
Capacidade	Cada rede ControlNet suporta até 99 nós Uso de repetidores para adicionar mais numero de nó Alguns controladores Allen-Bradley, suportam várias redes controlNet
Conexões	Programável ou não programável Configuração do controlador para comunicação com mais dispositivos do sistema
Distâncias	A distância máxima depende do número de nós na rede Uso de repetidor para ganhar mais distância

Fonte: Adaptado de Rockwell Automation (1995).

Conforme se observa no Quadro 1, a rede ControlNet é uma das mais utilizadas no ambiente industrial pois permite ao usuário uma grande

flexibilidade referente a capacidade, facilitando a expansão das unidades remotas, ou nó de rede.

## 2.9 SUPERVISÓRIO

Sistemas supervisórios permitem aos usuários monitoramento e controle das variáveis do processo em tempo real, os dados são coletados de bancos de dados e apresentado aos usuários pelo supervisório, através de PC ou IHM. (SILVA, SALVADOR, 2004)

A disposição e coleta de dados dependem da rede industrial que é responsável pela comunicação de dispositivos de campo, com o controlador lógico programável, o CLP manipula as variáveis e realiza a lógica do processo para enviar os dados ao supervisório. Os dados do processo são apresentados no sistema supervisório geralmente por interface gráfica, animações ou relatórios.

## 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O projeto de automatização foi desenvolvido de modo aplicado, realizado na prática em um ambiente industrial. O objeto de estudo é em campo utilizando componentes eletrônicos e controladores para automatizar um processo industrial.

### 3.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para melhor entendimento, o desenvolvimento foi subdividido em etapas.

#### 3.1.1 Levantamento de dados

No início do projeto foram verificadas as dimensões dos tanques, através de um levantamento referente à altura, capacidade de armazenamento, diâmetro e furo dos flanges. Os dados dos tanques estão disponíveis em desenhos técnicos, que ficam armazenados na sala de engenharia de projetos Masisa. Abaixo serão apresentadas as características dos tanques no Quadro 2.

Quadro 2: Dados dos tanques

Forma: cilíndrico, vertical	Capacidade: 25.000 litros
Fundo: cônico 45°	Tampa: elíptica
Peso aprox.: 767 kg	
Dimensões: diâmetro nominal: 2.500mm x altura cilíndrica: 4.310mm x altura total: 6.185mm	
Produto / Serviço: Resina Uréia / Melamina	
Pressão de operação: Atmosférica	
Temperatura de operação: Ambiente	

**Fonte: Aatoria própria**

Tais dados sobre as dimensões dos tanques são essenciais para o dimensionamento do sensor, responsável pela leitura do nível.

### 3.1.2 Dimensionamento do sensor

Após a coleta de dados do tanque e da variável controlada, realizou-se um estudo para dimensionar o sensor ideal, para medição de nível dos tanques.

Devido às condições de mudança do estado físico da resina, de acordo com a variação da temperatura ambiente e tempo de armazenamento, o ideal para dimensionamento do sensor seria que o mesmo não estivesse em contato direto com a resina, a fim de evitar que essas alterações interferissem na medição. De acordo com tal necessidade encontrou-se dois modelos de sensores que se adaptavam com as condições exigidas, sendo eles:

- Sensor de distância óptico;
- Sensor de distância ultrassônico.

Pode-se observar na Figura 15 uma imagem do sensor de distância óptico, que foi dimensionado para medição de nível de resinas do projeto.



**Figura 15: Sensor de distância Óptico**  
**Fonte: Ifm Produtos**

O sensor de distância óptico, modelo O1D100 do fabricante IFM, é um sensor que permite a configuração de dois sinais de saídas, digital e analógico, porém a escolha do sinal digital seria inviável para o projeto, pois não haveria representação gráfica via supervisor. O sensor óptico possui uma faixa de trabalho de 0.2m a 100m, Porém no manual do produto encontrou-se uma recomendação para a limitação máxima de medição de 19m, caso contrário os valores de medição podem ser equívocos.

Outro modelo de sensor dimensionado para realizar a aferição de resinas dos tanques, foi o sensor de distância ultrassônico, conforme ilustra a figura 16.



**Figura 16: Sensor de distância Ultrassônico**  
**Fonte: Balluff Produtos**

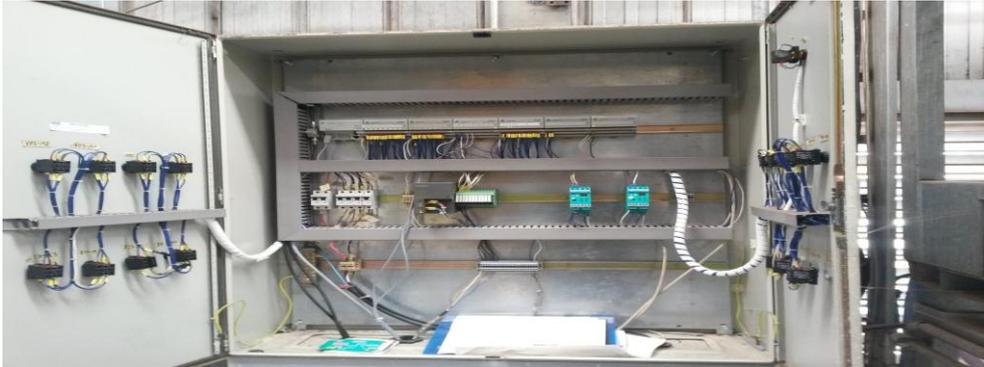
Já o sensor ultrassônico BUS M30M1, do fabricante Balluff, é um sensor que possui dois tipos de sinais de saídas analógicos, o 4 a 20mA e 0 a 10v. A faixa de trabalho do sensor ultrassônico é de 0,6m a 8m.

O Levantamento e aquisição dos sensores aconteceram conforme a necessidade, através de fornecedores já cadastrados com a empresa.

### 3.1.3 Configuração e instalação dos sensores

Após a aquisição dos sensores realizou-se a configuração dos mesmos, conforme a descrição recomendada pelo manual do fabricante de cada modelo dos sensores, e conforme o dimensionamento do tanque.

A configuração dos componentes foi realizada no local de instalação, onde já estão instalados os cartões de entrada analógicos conforme a figura 17.



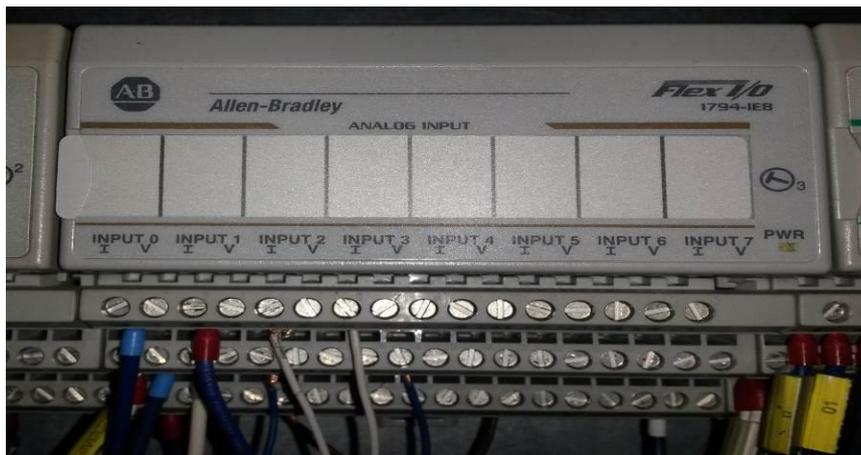
**Figura 17: Painel de elétrico de campo**  
**Fonte: Autorial própria (2015)**

Os sensores foram ajustados de modo que utilizem saídas analógicas de 4 a 20mA. O cartão de entrada analógica está comunicando em rede ControlNet com o CLP ControlLogix5000, tal cartão é descrito com sua referência: Flex I/O 1794-IE8 e tem as seguintes características, conforme a Quadro 3. Foram utilizadas duas entradas analógicas desse cartão conforme a figura 18.

**Quadro 3: Modulo entrada analógica**

Numero Catálogo	Alimentação	Entradas	Saídas	Descrição
1794-IE8	24V dc	8	-	8 entradas analógicas, Não isolado, Único terminal

**Fonte: Adaptado de Rockwell (1996)**



**Figura 18: Módulo de entrada analógica 1794-IE8**  
**Fonte: Autoria própria (2015)**

O cartão de entradas analógicas 1794-IE8, possibilita em cada entrada a escolha do sinal, conforme mostrado na Figura 18. O usuário tem a opção de enviar o sinal do sensor em tensão (V) ou em corrente (I), tal configuração da escolha do sinal é feita no software de programação o RsLogix5000. Onde no projeto o sinal utilizado foi corrente 4 a 20 mA.

#### 3.1.4 Aquisição de dados no CLP

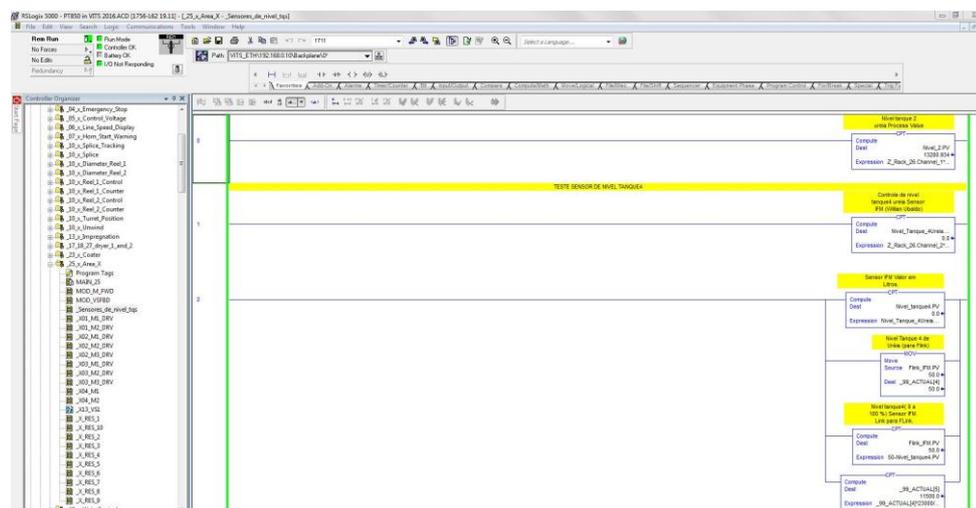
Após instalação e configuração dos sensores, a próxima etapa realizada foi a programação e escalonamento das variáveis no CLP. Primeiramente houve a necessidade de se entender a estrutura da rede ControlNet, para localizar o endereço físico dos sensores analógicos.

Foi verificado conforme a figura 19 demonstra, que o endereço do nó de rede está descrito no adaptador de comunicação. Através do software de programação RsLogix5000, foi confirmado o endereço de rede, e estabeleceu-se comunicação de modo online com os sensores.



**Figura 19: Módulo de comunicação 1794-ADNS**  
**Fonte: Autoria própria (2015)**

Com os endereços definidos iniciou-se o processo de programação de cada sensor, visto que cada um apresentava características de faixa de trabalho e sensibilidade diferente, foi criada uma programação separada para cada modelo, Figura 20, de modo que ficasse fácil a visualização no software de programação RsLogix.



**Figura 20: Programação e escalonamento das variáveis**  
**Fonte: Autoria própria (2015)**

Durante a programação foram utilizados duas ferramentas do Rslogix5000, o MOV (Instrução de movimentação) e o CPT (Instrução de cálculo). A opção MOV permite ao programador enviar o valor que está definido em um local para um destino que pode ser qualquer tag para armazenar o valor. A instrução de cálculo CPT é utilizada para criar expressões matemáticas com tags e valores numéricos.

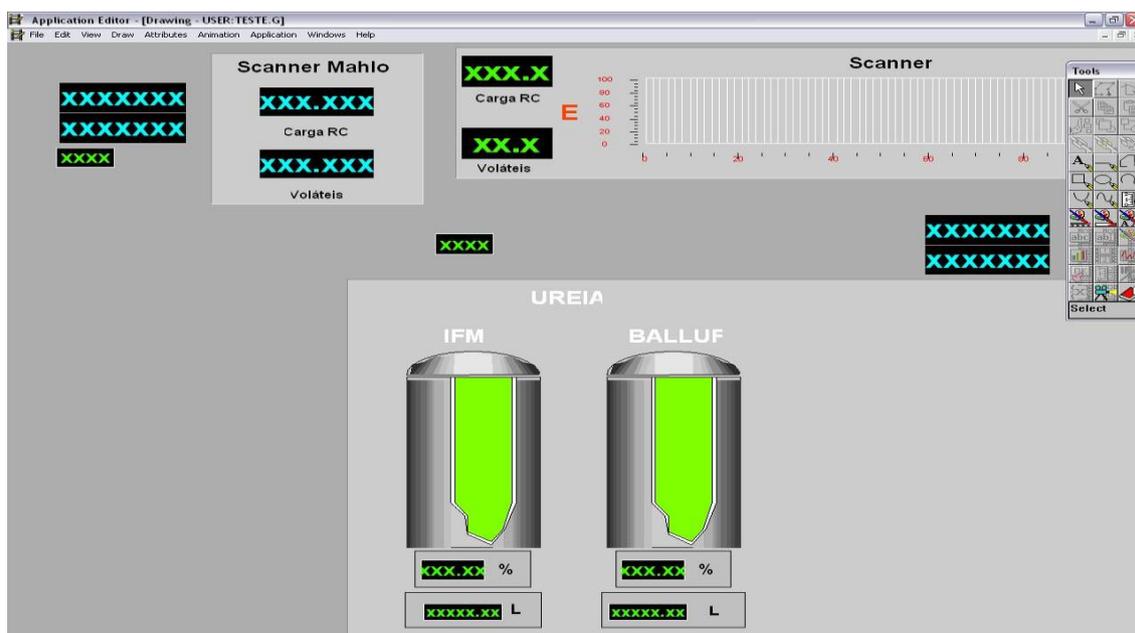
### 3.1.5 Exportar dados do CLP para o supervisório

Após definido quais seriam as variáveis escalonadas no software de programação, os dados foram enviados para o supervisório FactoryLink7.5, Figura 21, no software do supervisório as variáveis escalonadas foram trabalhadas, representando-as como valores reais do nível do tanque.



**Figura 21: Escalonamento da variável**  
 Fonte: Autoria própria (2015)

Com os dados escalonados no CLP, estabeleceu-se a melhor imagem gráfica para representar os tanques de uréia, que seriam monitorados. Optou-se pela representação dos tanques conforme a Figura 22 para a melhor visualização.



**Figura 22: Representação gráfica via supervisor**  
 Fonte: Autoria própria (2015)

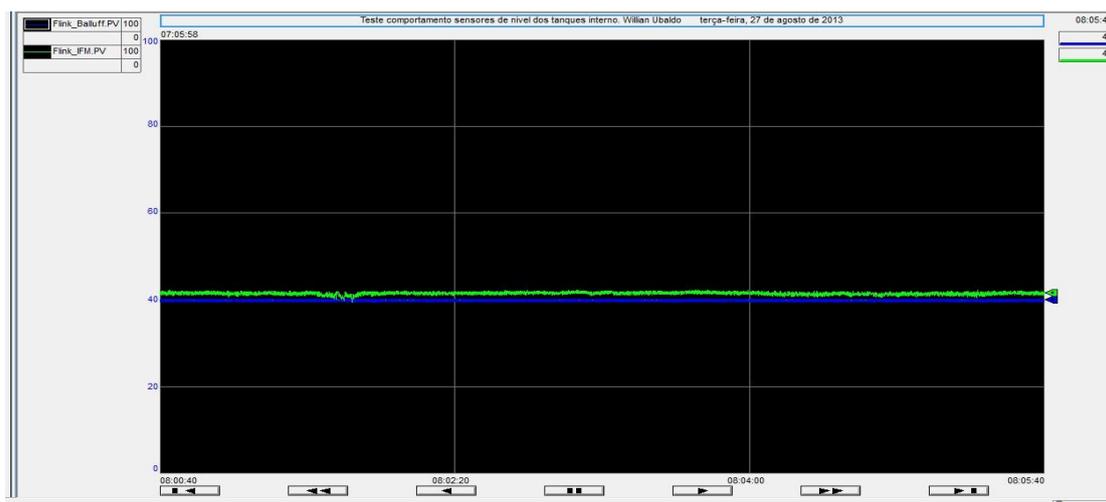
Na Figura 22 nota-se que são representadas duas imagens gráficas de tanques, porém as duas imagens representam apenas um tanque, o que difere são os sensores, onde no tanque a esquerda representou-se o sensor de distância óptico fornecido pela IFM, e o tanque da direita o sensor de distância ultrassônico BALLUF.

## 4 ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Nesse capítulo serão evidenciados os efeitos obtidos a partir da instalação dos sensores para o controle de níveis dos tanques de ureia. Serão analisados registros históricos de produção referente às perdas relativas à falta de resina uréica na máquina.

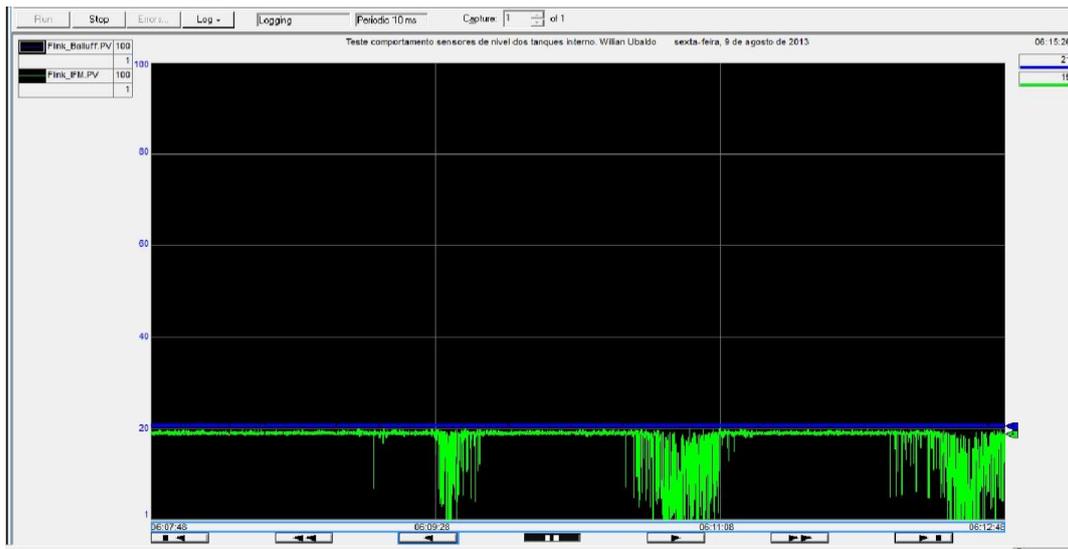
### 4.1 VALORES DE AMOSTRAGEM DOS SENSORES

Através do software de programação do CLP o Rsllogix5000 V19, utilizou-se um recurso que permite a representação gráfica da variável controlada no tempo. Conforme apresentado na Figura 23 os dois modelos de sensores foram plotados em um gráfico em tempo real, onde o eixo “Y” representa o nível do tanque de 0% a 100% e eixo “X” o tempo que é registrado conforme a hora ajustado no computador.



**Figura 23: Gráfico 1 de oscilação dos sensores**  
Fonte: Autoria própria (2016)

Através desse recurso notou-se uma oscilação no sinal analógico do sensor de distância óptico, de acordo com a Figura 24 de modo que ocasionasse um erro temporário de leitura do nível.



**Figura 24: Gráfico 2 de oscilação dos sensores**  
**Fonte: Autoria própria (2016)**

A partir desse resultado obtido com a leitura do sensor de distância óptico entrou-se em contato com o fornecedor do sensor, e com um estudo detalhado no manual do sensor notou-se que o sensor óptico 01D103 sofria alterações significativas em reprodutibilidade e precisão do sinal, no material cinza, conforme apresentado na figura 25 a seguir.

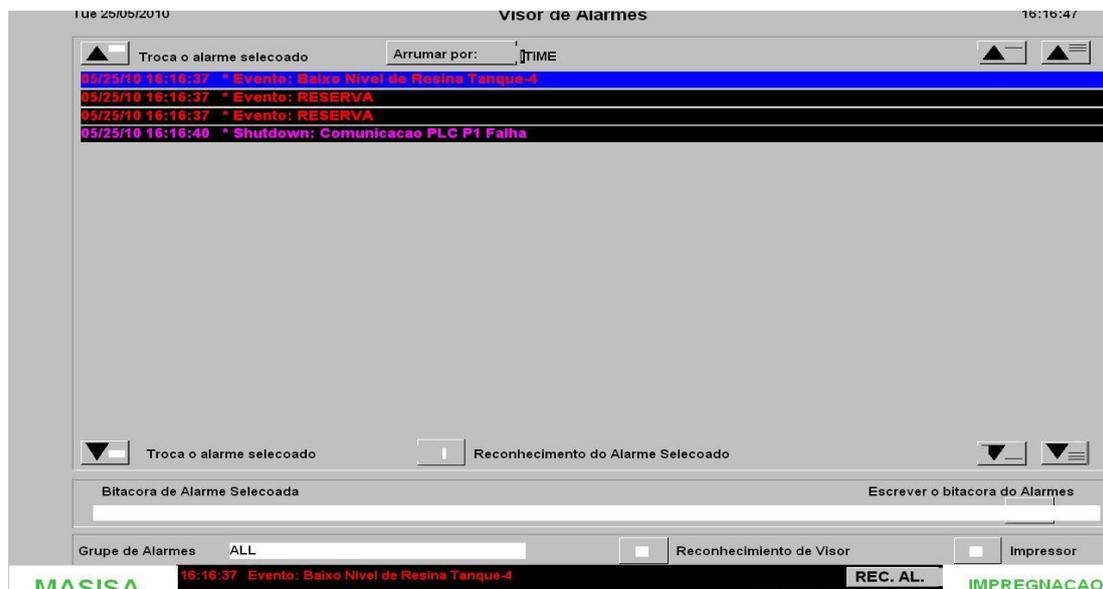
Distância em [mm]	Reprodutibilidade		Precisão	
	branco 90 % de remissão	cinza 18 % de remissão	branco 90 % de remissão	cinza 18 % de remissão
200...1000	± 16,5 mm	± 16,5 mm	± 26,5 mm	± 26,5 mm
1000...2000	± 16,5 mm	± 16,5 mm	± 26,5 mm	± 26,5 mm
2000...4000	± 30,0 mm	± 37,0 mm	± 40,0 mm	± 47,0 mm
4000...6000	± 37,0 mm	± 57,0 mm	± 47,0 mm	± 67,0 mm
6000...10000	± 75,0 mm	—	± 85,0 mm	—

**Figura 25: Reprodutibilidade e Precisão dos sensor óptico**  
**Fonte: Manual de instrução sensor de distância óptico**

Conforme a Figura 24 apresenta, o erro de leitura ocasionado no sensor óptico acontece em diversos momentos durante um curto período de tempo, esse erro pode ocasionar falhas em sistemas de alarmes que serão utilizados para o controle de nível operacional. Com isso devido a coloração da resina tender para o cinza foi visto que o sensor ideal para medição de nível de resinas seria o sensor de distância ultrassônico.

## 4.2 CONTROLE DE NÍVEL VIA SUPERVISÓRIO

Com os valores dos sensores comunicando com o software do supervisão o FactoryLink7.5, foi programado alarmes para o controle de nível do tanque, esse alarme é acionado quando o nível do tanque está abaixo de 100 litros e gera um alarme via mensagem de texto conforme apresentado na Figura 26.



**Figura 26: Alarme de baixo nível de resina**  
Fonte: Autoria própria (2016)

Quando acionado o alarme de textos via supervisão, também é ativado um alarme sonoro e visual por meio de uma coluna luminosa, Figura 27, que está na sala de controle dos operadores, onde a base luminosa que está identificada como IFA, aciona uma luz que indicará uma falha na área IFA. O alarme só é desligado após o reconhecimento manual no operador, de forma que o mesmo fique ciente de que a resina está acabando e necessita realizar a manobra para troca de tanques.



**Figura 27: Coluna luminosa sala de controle**  
**Fonte: Autoria própria (2016)**

A coluna luminosa apresentada na Figura 27 está identificada cada base luminosa por setor da linha de produção do papel impregnado, onde IFA é a área de preparação de resinas e aditivos para a máquina, DESBOBINADOR é área onde o operador prepara a bobina base para a máquina, MECALOR é o sistema de refrigeração de alguns rolos utilizados na zona de resfriamento do papel, REBOBINADOR é a etapa final da máquina quando produz bobinas de papel impregnado, TROCA DE PALLET área final quando a produção é de lâminas de papel impregnado.

#### 4.3 REGISTROS DE FALHA OPERACIONAL

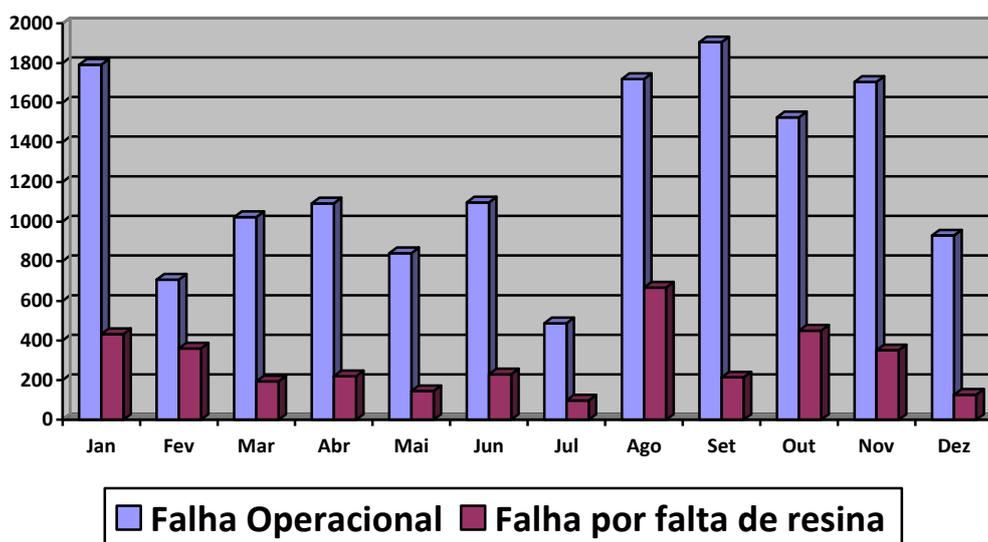
De acordo com Braidotti (2013), para alcançarmos melhores indicadores de produtividade e confiabilidade de máquina, a utilização da metodologia de análise de falhas é essencial para buscarmos a identificação da causa raiz do nosso problema. Para elaborar uma análise de falhas, devemos classificar os modos de falhas, sendo eles: falha elétrica; falha mecânica; falha operacional e falha externa.

O objeto desse estudo é a falha operacional que é caracterizada como um erro humano, ou seja, onde existe um método de trabalho e o operador foi treinado para executar essa atividade através desse método, e o mesmo acaba desrespeitando a metodologia e gerando uma falha na máquina.

Dentre os modos de falha operacional a falta de resina é classificada como um dos modos mais significativos, pois gera parada de máquina e prejudica a qualidade do produto.

Com base no histórico de registros de dados do sistema SAP (Sistema Integrado de Gestão empresarial) foi elaborado o Gráfico 1, que faz uma amostragem de Janeiro à Dezembro de 2014, indicando o tempo em minutos na ordenada.

**Gráfico 1**



**Gráfico-1 Registros de falhas operacionais**  
 Fonte: Autoria própria (2016)

O Gráfico 1 estratifica a falha operacional como sendo a soma de todas as falhas operacionais na máquina em que foi desenvolvido o projeto. Observou-se que a falha gerada na máquina devido à falta de resina é bastante significativa, conforme é mostrado no mês de Fevereiro mais da metade do tempo de falha operacional é devido à falta de resina na máquina. Sendo que as Falhas Operacionais são aproximadamente 25 modos de falhas diferentes, por mês, como: Rompimento do papel devido emenda; Troca de Bobina Base; Troca dos Raspadores. O tempo gerado por falta de resina de acordo com o gráfico 1, para apenas um modo de falha, é considerado bem alto.

## 5 CONCLUSÃO

O uso da tecnologia dentro das empresas vem numa constante crescente, pois visa facilidade, segurança e confiabilidade no ambiente de trabalho. Nesse projeto a automatização do controle de nível trouxe de modo aplicado esses três benefícios citados, pois o sistema automatizado irá garantir aos operadores de máquina o controle de nível em tempo real de todos os tanques de resina, sem a necessidade da verificação no local. Além dos benefícios supracitados o uso da tecnologia previne os riscos ergonômicos, como postura inadequada para visualização do nível. Com a utilização dos sensores para controle, ganha-se em exatidão e precisão dos valores monitorados.

Com os resultados alcançados nesse projeto teve-se uma visão de um *retrofit* de máquina, ou seja, atualizar o sistema de medição do nível de resina, com o recurso da tecnologia. Considerando que o processo de medição atual demanda de confiabilidade operacional, o uso da tecnologia nesse caso tornara o sistema mais seguro pois ficará livre de erro humano. Visto que parte dos componentes essenciais da automação, como o Controlador Lógico Programável e a Rede Industrial, já estavam disponíveis na máquina torna-se a aquisição dos sensores financeiramente viável para a empresa.

Através de recursos provenientes da automatização desse processo, como alarmes sonoros e visuais, o controle de nível automático será uma ferramenta de auxílio operacional. Com isso o monitoramento da resina será mais prático e previsível, corrigindo o erro humano. Em consequência do controle de nível de resina, a ocorrência da falha de máquina por falta de resina reduzirá significativamente, através dessa redução a empresa ganhará em disponibilidade de máquina e produção.

Sendo assim a expansão desse projeto, torna-se viável para os demais tanques da área, e para os outros setores que possuem tanques com as mesmas características do projeto.

## REFERÊNCIAS

- ANTONELLI, P. L. **INTRODUÇÃO AOS CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS** (C.L.P.s). Disponível em: < [www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf](http://www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf) > Acesso em: 14 out.2013.
- AUTOMATION, Rockwell et al. **Configuração de rede EtherNet/IP**. 2014. Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/en-et-um001\\_-pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/en-et-um001_-pt-p.pdf)>. Acesso em: 04 jun. 2016.
- BALLUFF. **SENSOR DE DISTÂNCIA ULTRASSÔNICO**. Disponível em: <[www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/catalogue/products\\_details.jsp?id=BUS003Z-223104](http://www.balluff.com/balluff/MBR/pt/products/catalogue/products_details.jsp?id=BUS003Z-223104) > Acesso em : 03 ago.2014.
- BURKERT. **FLUID CONTROL SYSTEMS**. Disponível em: < <http://www.burkert.com.br/PTB/305.html>> Acesso em: 13 out.2013.
- BRAIDOTTI JUNIOR, José Wagner. **A Falha Não é Uma Opção**. [S. l.]: Ciencia Moderna, 2013. 192 p.
- CARTER, Paul A.. **PC Assembly Language**. 4. ed. [S. l.]: Pcam, 2006. 186 p.
- CARR, J. J.; BROWN, J. M. **Introduction to biomedical equipment technology**. 4. ed. Upper Saddle River, USA: Prentice Hall, 2001.
- CÉSAR, Bruno et al. Medidores de nível. **Funedi**, [S. l.], v. 1, n. 1, p.1-13, jan. 2012.
- CORMEN, Thomas H. et al. **ALGORITMOS: Teoria e Prática**. 2. ed. [cambridge]: Elsevier, 2002. 898 p.
- COELHO, M. S. **TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE NÍVEL** Disponível em: < <http://www.dca.ufrn.br/~acari/Sistemas%20de%20Medida/SLIDES%20INSTRUMENTACAO%20NIVEL.pdf> > Acesso em: 13 jun.2016.
- FERREIRA, Marcos. Por que automatizar? **Engenharia Atual**, Baixo Guandu, v. 1, n. 1, p.1-1, 5 ago. 2010.
- IFM **SENSOR DE DISTÂNCIA ÓPTICO** . Disponível em: < <http://www.ifm.com/products/br/ds/O1D300.htm>> Acesso em : 03 ago.2014.
- LUCENA, Pedro Berretta de. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **Leca-dca-ufrn**, Natal, v. 1, n. 1, p.1-4, maio 2003

PATSKO, L. F. **APLICAÇÕES, FUNCIONAMENTO E UTILIZAÇÕES DE SENSORES**. Disponível em: < [www.maxwellbohr.com.br](http://www.maxwellbohr.com.br) > Acesso em: 14 out.2013.

PAREDE, Ismael Moura; GOMES, Luiz Eduardo Lemes. Eletrônica. **Centro Paula Souza**, São Paulo, v. 6, n. 1, p.1-103, jun. 2011.

PINHEIRO, P. C. C. **NOÇÕES GERAIS SOBRE METROLOGIA**. Disponível em: <[www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema103/NocoiesMetrologia.pdf](http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/ema103/NocoiesMetrologia.pdf)> Acesso em: 13 out.2013.

QUINTANILHA, Igor Macedo; ESTEVÃO FILHO, Roberto de Moura. **Sensores de nível**. UFRJ, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-27, jun. 2013.

ROCKWELL AUTOMATION. **CONTROLNET**. Disponível em: <<http://ab.rockwellautomation.com/pt/networks-and-communications/controlnet-network#/tab2>> Acesso em: 15 out.2013.

ROCKWELL AUTOMATION. **FLEX I/O ANALOG MODULES**. Disponível em: < [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1794-um002\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1794-um002_-en-p.pdf) > Acesso em: 04 out.2014.

SANTOS, Vitor. **AUTOMAÇÃO E REDES INDUSTRIAIS**. Reymaster, Curitiba, v. 1, n. 1, p.1-1, 16 ago. 2012.

SILVA, Ana Paula Gonçalves da; SALVADOR, Marcelo. **O que são sistemas supervisórios?** Rt 025.04, [s. L.], v. 2, n. 1, p.1-5, 20 dez. 2005.

SILVA, Clodoaldo. **Normalização IEC61131**. Clube da Eletrônica, [s. L.], v. 3, n. 1, p.1-7, 11 jun. 2011.

THEBAS, Vantuil Manoel. **CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES**. Ifes, Serra, v. 1, n. 1, p.1-8, ago. 2009.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4. ed. [s. L.]: érica, [200]. 220 p.

VITS, 2014. Disponível em:<<http://www.vits.com/de/modernisierung.html>>. Acesso em: 21 abr. 2014.