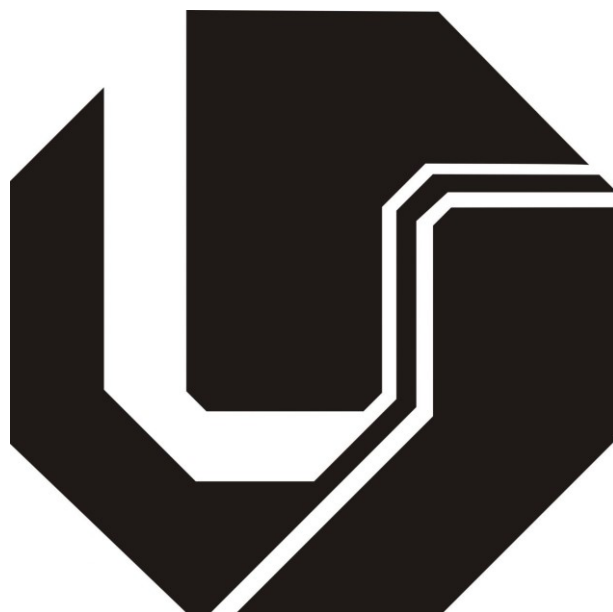


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SISTEMA CIP

ARTUR JORGE DONDA DE CASTRO

Uberlândia-MG

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE SISTEMA CIP

ARTUR JORGE DONDA DE CASTRO

**Monografia de graduação apresentada à
Universidade Federal de Uberlândia como parte dos
requisitos necessários para a aprovação na disciplina
de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de
Engenharia Química.**

Uberlândia-MG

2019

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ARTUR JORGE DONDA DE CASTRO
APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 15 DE
FEVEREIRO DE 2019.

Prof. Dr. Rubens Gedraite

Orientador- FEQUI/UFU

Prof.^a Dra. Márcia Gonçalves Coelho

(FEQUI/UFU)

Vinicius Pimenta Barbosa

(PPGEQ/UFU)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, principalmente aos meus pais, por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em qualquer situação. Agradeço também o apoio da minha namorada, dos meus amigos e do meu orientador Prof. Dr. Rubens Gedraite, sem os quais eu não estaria finalizando mais esta etapa na minha vida. Por último, agradeço aos professores que foram responsáveis por me tornar engenheiro. Obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Justificativa para a realização do Trabalho.....	01
1.2. Objetivo.....	02
1.3. Conteúdo e estrutura do texto.....	02
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	09
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Unidade experimental estudada	9
Figura 3.2 – Seção de testes estudada	10
Figura 3.3 – Amostrador utilizado no protótipo.....	10
Figura 3.4 – Medidor de Condutividade	12
Figura 3.5 – Tela principal do recurso Hyperterminal®	13
Figura 3.6 – Tela do recurso "conectar-se a"	13
Figura 3.7 – Tela de operação do recurso Hyperterminal®	14
Figura 3.8 – Tela do recurso "Capturar texto"	14
Figura 3.9 – Sensor de nível ultrassônico.....	15
Figura 3.10 – Elemento sensor de vazão.....	16
Figura 3.11 – Placa Arduino UNO®.....	17
Figura 4.1 – Condutividade elétrica da solução.....	19
Figura 4.2 – Nível de líquido no reservatório.....	20
Figura 4.3 – Vazão do líquido.....	20

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Programa no Arduino UNO®	17
---	----

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo realizar a automação de coletas de dados de vazão, de nível e de condutividade de um típico sistema de limpeza *Clean-In-Place* (CIP) – que consiste na limpeza em circuito fechado sem que aja desmonte do equipamento – buscando entender a cinética do processo. O protótipo utilizado tem a intenção de simular uma tubulação comum em indústrias de laticínios em aço inoxidável. A aquisição de dados foi obtida através do *hardware* Arduino UNO® com a utilização de sensores de nível e vazão, enquanto os dados de condutividade foram coletados com o auxílio de um condutivímetro de bancada. Os resultados obtidos são considerados aceitáveis visto que simulam bem o efeito físico, portanto a aquisição automática de dados está satisfatória.

Palavras-chave: automação industrial, sistema de limpeza CIP, bancada experimental.

ABSTRACT

This monograph aims to perform an automatic data acquisition of flow, level and conductivity values of a typical Clean-In-Place system (CIP), looking for to understand the process' kinetics. The used prototype has the intention of simulating a common pipe on dairy industries made of stainless steel. The data acquisition was done through Arduino UNO® hardware using level and flow sensors, while conductivity data were collected with the aid of a benchtop conductivity meter. The results obtained are considered acceptable since they represent adequately the system behavior and therefore the automatic acquisition of data was considered satisfactory.

Keywords: industrial automation, CIP system, experimental facility

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O consumo de produtos alimentícios industrializados vem crescendo sistematicamente nos últimos anos. Neste cenário, uma das maiores preocupações da indústria alimentícia sempre foi a preservação da qualidade de seus produtos durante e após sua fabricação. Atualmente são usadas várias técnicas de preservação que inibem ou eliminam as transformações químicas, bioquímicas e biológicas indesejáveis nos mesmos.

Além da conservação do produto, muita atenção vem sendo dada à higienização das superfícies dos equipamentos utilizados na preparação dos alimentos para que não haja a proliferação de microrganismos, contaminação por produtos estranhos ao processo ou resíduos de processamentos anteriores.

1.1 Justificativa para a realização do trabalho

A quantidade de água utilizada nos processos de limpeza, em especial nos processos CIP, vem aumentando muito a cada ano, em decorrência da intensificação da produção de alimentos. Por se tratar de um tema definido pelos órgãos de vigilância sanitária, não são poupados esforços para assegurar que o processo de limpeza dos equipamentos seja adequado e aderente aos critérios estabelecidos na legislação em vigor. Entretanto, este fato tradicionalmente implica na utilização, por parte da comunidade industrial, de maior quantidade de

insumos do que aqueles que seriam necessários e tecnicamente suficientes para atender aos requisitos técnicos estabelecidos nas leis.

O contato dos alimentos com superfícies mal higienizadas pode aumentar a incidência de microrganismos prejudicando sua qualidade e elevando os riscos aos quais os consumidores estão expostos. A presença de resíduos também ocasiona problemas operacionais em equipamentos, como, por exemplo em trocadores de calor, pois acarreta queda na eficiência nas trocas térmicas e aumento de perda de carga do sistema. Esses fatores são suficientes para justificar a importância da execução de um correto plano de higienização dos insumos utilizados no processamento de alimentos.

Por serem procedimentos que requerem paradas de produção, os processos de higienização, muitas vezes, são realizados de forma negligenciada pelas empresas. Portanto, é de fundamental importância que sejam estudados e otimizados, através do estabelecimento das cinéticas de remoção de resíduos de cada etapa do processo.

1.2 Objetivo

Neste trabalho é estudada a automação de uma bancada experimental de um protótipo de sistema de limpeza CIP, utilizada para representar o comportamento da cinética de remoção dos resíduos de produto alimentício industrializado depositado sobre a superfície de seção de teste construída em aço inoxidável AISI-316.

1.3 Conteúdo e Estrutura do texto

Com o intuito de se alcançar o objetivo proposto no trabalho, esta monografia apresenta a seguinte estrutura:

No **Capítulo 2** são apresentadas a revisão bibliográfica e a fundamentação teórica sobre o tema desenvolvido nesta monografia.

No **Capítulo3** são apresentados os materiais e a metodologia utilizados para o desenvolvimento desta monografia.

No **Capítulo 4** são apresentados os resultados obtidos com o modelo proposto sendo feita a análise.

No **Capítulo 5** é feita a conclusão e as sugestões para futuros trabalhos.

Por último são apresentadas as **referências bibliográficas**.

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo o estudo desenvolvido por Bott (1995), a eficiência de uma planta de processo é reduzida, na prática, devido à formação de depósitos e incrustações nas superfícies em que ocorre transferência de calor e também em outras superfícies. Este problema é especialmente grave na farmacêutica e na indústria de alimentos, onde a incrustação pode colocar em perigo a esterilidade microbiana e a pureza do produto. Nas indústrias de processamento de laticínios são geralmente usadas as soluções alcalinas à base de hidróxido de sódio (NaOH) para limpar a fixação proteica.

Processos de limpeza CIP, no geral, são responsáveis por aumentar os custos econômicos e ambientais. Com esta visão, em 2013, M. Dif et al. desenvolveram um estudo com maneiras alternativas de reciclar soluções utilizadas no processo CIP, uma vez que os tratamentos de água são poucos eficientes a altas temperaturas (80-90°C) e pH extremos (1 e 14). No dito estudo utilizou-se bentonita de sódio, em sua forma bruta ou ativa, para avaliar seu potencial na remoção de material orgânico e mineral de tais soluções. Com variações em pH e temperatura, os autores concluíram que a ação da bentonita de sódio se baseia na combinação de adsorção e capacidade de carga, sendo está última relacionada ao pH. A eficiência desse processo de

adsorção/floculação e coagulação foi testada com sucesso utilizando soluções que imitam as soluções encontradas nas indústrias de laticínios.

Em todas as indústrias alimentícias, deve-se existir a limpeza para garantir a operação da higiene. Entretanto, como a limpeza não é muito bem compreendida, W. Liu, Z. Zhang e P.J. Fryer, em 2006, realizaram um estudo de maneira a melhorar esse entendimento. No trabalho citado, os autores fizeram uso de sondas de micromanipulação desenvolvidas com o objetivo de medir a força necessária para romper e remover os depósitos das superfícies. Neste caso foi estudado as forças para remover os depósitos de pasta de tomate da superfície, considerando diferentes alturas de depósitos da superfície. Lui, Zhang e Fryer chegaram ao resultado que em uma altura pequena, o trabalho necessário para remover os depósitos aumenta com a altura e é uma função da natureza da superfície, enquanto que para um maior, o trabalho necessário diminui com o aumento da altura e não é uma função da superfície.

Outro trabalho que foca em entender melhor como acontece a limpeza pelo método CIP é o estudo de Schöler *et al.* em 2006, cujo o foco foi em entender os mecanismos controladores de processos de limpezas complexos. No dito trabalho, os autores conduziram testes que combinaram geometrias complexas com resíduos de alimentos

complexos usando um novo método de teste baseado na detecção por fosforescência (LPD). As combinações foram: - resíduo de alimento coesivo; - geometrias de canos complexas; - observação continua do processo de limpeza. Os resultados, colhidos com o auxílio de sistemas CFD mostraram, segundos os autores, que o processo de limpeza pode ser descrito como controlado por difusão. Tais conhecimentos contidos nesse trabalho são essenciais, segundo Schöler *et al.*, para a otimização desse tipo de processo contendo, também, dados da variação de geometrias complexas dos canos, possibilitando visualizar efeitos dessa geometria ou designs inapropriados para limpeza.

Em linhas gerais, ter o conhecimento de como a limpeza CIP é influenciada por fatores de fluxo, temperatura e afins é importante. O trabalho realizado em 2014 por B.S Mengyuan Fan teve como objetivo analisar o impacto das características da solução de limpeza tais como fluxo temperatura e tempo de residência na eficiência da remoção de resíduos de leite de tubulações de aço inox. Com base nessas informações, o autor pretendeu criar uma série de recomendações para aumentar a eficiência enquanto diminuindo a água e energia utilizadas. Os parâmetros utilizados neste estudo indicam que o limite da eficácia da pré-lavagem CIP é devido à forte ligação molecular de leite-superfície a qual não pode ser completamente removida pela água. Os resultados deste estudo indicaram que a otimização do CIP considerando tempo de pré-lavagem, parâmetros de temperatura e de

fluxo são uma abordagem viável para reduzir os custos de água e energia.

Um estudo realizado por Gredaite *et al.* em 2015, sobre a cinética de remoção de depósitos à base de proteínas de leite, comparando os processos com e sem a aplicação de eletrólise, em vazões diferentes. Para a aplicação dos experimentos envolvendo eletrólise, foi desenvolvida a adaptação onde um fio condutor passe pelo centro do protótipo de limpeza (Pießlinger-Schweiger, 2001). No caso de sistemas de limpeza CIP, o equipamento de processo a ser limpo é um dos eletrodos, sendo necessário introduzir um material metálico externo para desempenhar a função do outro eletrodo. Chen *et al.* (2003) afirmaram que quando uma tensão elétrica é aplicada a um material metálico que apresente incrustações, em um típico sistema de eletrólise, ocorre a remoção destas incrustações com maior facilidade em função da produção de bolhas de gás oxigênio e hidrogênio que são produzidos na superfície dos eletrodos. As bolhas dos gases formados fornecem a energia adicional necessária para que ocorra mecanicamente o desalojamento das incrustações, sejam elas de origem mineral ou orgânica. Os resultados desse estudo mostraram que a eletrólise facilita a remoção da incrustação vantajosamente até certo valor de vazão, o qual devido as forças de cisalhamento, tornam reduzidos ou até desprezíveis os efeitos da eletrólise na limpeza

No ano de 2016, Gedraite *et al.* também realizaram um estudo que teve como foco a caracterização de uma resposta de variação de entrada no sistema CIP. Este trabalho, em questão, abordou o comportamento da etapa de remoção dos resíduos de detergente alcalino em sistemas *clean-in-place* (CIP) em resposta a degraus de amplitudes previamente determinadas na vazão de operação. A cinética da remoção foi avaliada com base na variação do valor do pH medido. A partir das respostas obtidas, foram identificados os modelos do tipo FOPDT representativos da dinâmica do processo estudado para estas diferentes condições. Os valores dos parâmetros dos modelos foram originalmente obtidos com base na metodologia baseada na curva de resposta do sistema, sendo ajustados de modo manual pelo método da tentativa e erro. A partir dos valores inicialmente obtidos, foram feitas novas análises dos parâmetros dos modelos identificados, buscando otimizar o cálculo dos valores dos parâmetros. Para este fim, foi aplicado o recurso da minimização da soma dos quadrados dos erros, usando o código de otimização não linear de gradiente reduzido genérico disponível em planilha eletrônica. Os resultados obtidos experimentalmente foram comparados com dados da literatura. Tal comparação de resultados sugere representatividade e condizem com o fenômeno.

Considerando as pesquisas realizadas nessa área, pode-se ver que é de fundamental importância de dados confiáveis para que seja

possível compreender ainda mais o sistema CIP. Tendo isso em mente, o objetivo desse trabalho é implantar a coleta automática de dados de forma eletrônica para que possa ter valores confiáveis das variáveis consideradas.

Capítulo 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a unidade experimental apresentada na Figura 3.1, existente na Faculdade de Engenharia Química da UFU. Nesta unidade, foi utilizada uma seção de testes - tubulação construída em aço inoxidável 316, com 150 mm de comprimento e 15 mm de diâmetro interno, conforme mostrado na Figura 3.2, sendo feito escoar através da mesma, uma solução de Hidróxido de Sódio a 0,5% para reproduzir uma situação tipicamente verificada na indústria de alimentos.

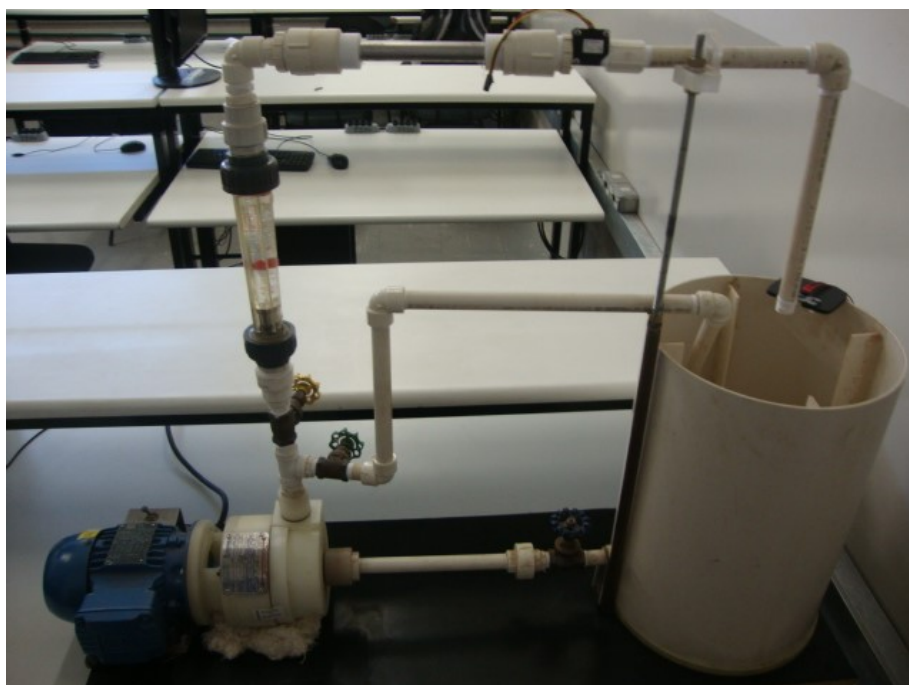


Figura 3.1 – Unidade experimental estudada
(Fonte: O Autor)



Figura 3.2 – Seção de testes estudada
(Fonte: O Autor)

Foi utilizada água de enxágue, armazenada em reservatório cilíndrico com capacidade para 20 L, para remover os resíduos de detergente contidos na seção de testes. A água de enxágue é transportada sob vazão constante, medida por meio de um rotâmetro e por um sensor de vazão eletrônico. A regulação do valor da vazão é feita por meio do emprego de uma válvula manual. Após deixar a seção de testes, a água de enxágue é feita escoar através de um amostrador, especificamente adaptado para a aplicação, conforme ilustrado na Figura 3.3.

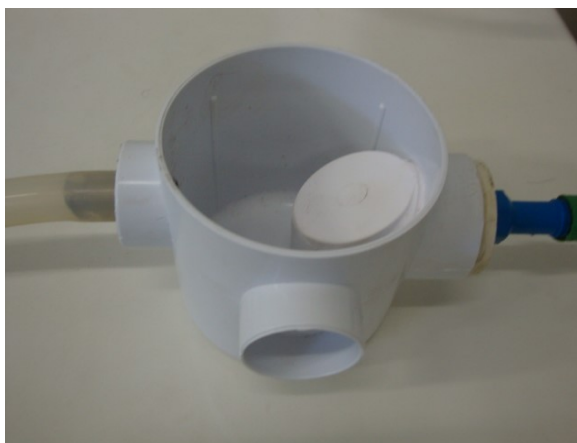


Figura 3.3 – Amostrador utilizado no protótipo
(Fonte: O Autor)

O rotâmetro usado para a medição de vazão possui escala graduada de 0 a 5 L/min, estando o mesmo superdimensionado para fins de medição, mas que, através de um ajuste linear, serviu para base de comparação. Complementarmente, os valores de vazão são adquiridos por meio de sensor de vazão eletrônico, capaz de medir de 1 a 30 L/min e enviar sinal elétrico proporcional para o sistema de aquisição de dados. Foram, também, empregados: um medidor de condutividade de bancada, da marca GEHAKA, modelo CG2000; um microcomputador do tipo PC Core 2 Quad para efetuar a leitura do valor de condutividade da solução efluente da seção de testes; um sensor de nível do tipo ultrassom e uma placa microcontrolada Arduino UNO® para fazer a aquisição dos valores de nível e vazão da água no interior do reservatório.

A metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho foi dividida em duas partes, a saber: (i)- aquela empregada para a automatização do processo de coleta eletrônica de informações sobre as variáveis de processo consideradas e (ii)- aquela empregada para o desenvolvimento do programa armazenado na memória da placa de aquisição de dados.

Primeiramente, foi estabelecida a comunicação entre o condutivímetro de bancada, marca GEHAKA, modelo CG2000 e o microcomputador. Tal medidor de condutividade foi usado como um analisador contínuo. A taxa de amostragem foi estabelecida com o uso do recurso Hyperterminal® do Windows®. Na Figura 3.4 é mostrado o medidor de condutividade.

O condutivímetro utilizado possui uma saída de dados que emprega o padrão RS232, a qual possibilita conectá-lo a computadores ou outros equipamentos capazes de receber dados no padrão ASCII (caracteres texto). Os dados são leituras efetuadas pelo condutivímetro na função onde estiver operando.



Figura 3.4 – Medidor de Condutividade
(Fonte: O Autor)

Neste trabalho, os dados foram transferidos continuamente a uma taxa de aproximadamente 1 (uma) leitura por segundo. Foram empregados um cabo serial, com pinagem 2, 3 e 5 para comunicação e a porta serial 1- condutivímetro.

As etapas apresentadas na sequência foram realizadas no computador, com o auxílio do programa Hyperterminal® (Melero Jr, 2011). O primeiro item configurado foi a “descrição da conexão”, como apresentado na Figura 3.5.

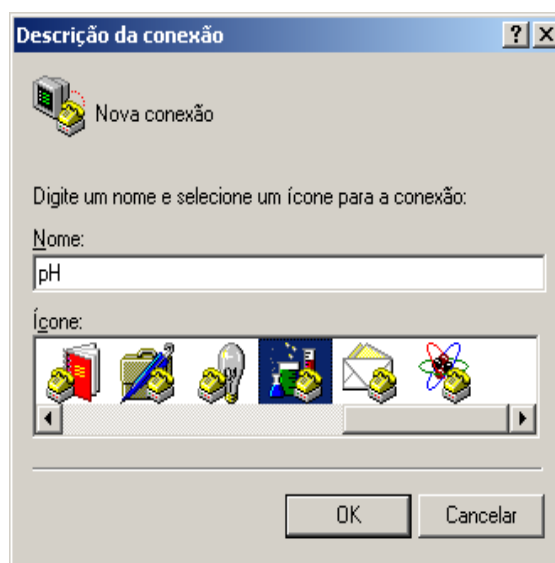


Figura 3.5 – Tela principal do recurso Hyperterminal®
(Fonte: O Autor)

Na sequência, foi configurado o item “conectar-se a”, como apresentado na Figura 3.6. A tela de operação do recurso Hyperterminal® é mostrada, então, na Figura 3.7.

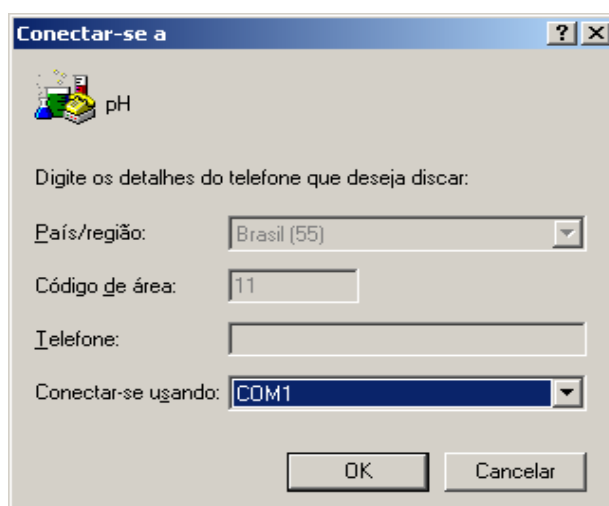


Figura 3.6 – Tela do recurso “conectar-se a”
(Fonte: O Autor)

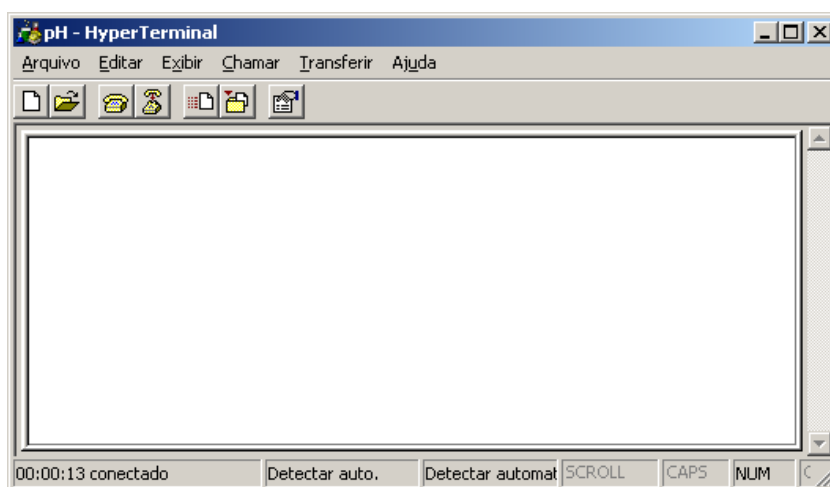


Figura 3.7 – Tela de operação do recurso Hyperterminal®
(Fonte: O Autor)

Quando a leitura do condutivímetro é feita, a medição é apresentada na tela principal do recurso Hyperterminal®. Quando for necessário salvar os dados coletados, é utilizada a opção “Capturar texto”, que cria um arquivo “.txt” no local desejado e salva os dados. Terminada a captura de texto o arquivo pode já pode ser visualizado. A tela do recurso “Capturar texto” é apresentada na Figura 3.8.

Foi também utilizado um sensor de nível. O sensor usado é do tipo ultrassônico, que é bastante simples de instalar e programar para fazer a leitura. Ele consiste em um sensor de proximidade que permite detectar de forma precisa, flexível e confiável objetos de materiais, formas, cores e texturas diversos.

Além disso, ele é capaz de medir distâncias entre 2 a 500 cm com uma precisão de 0,3 cm. Na Figura 3.9 é mostrado o sensor.

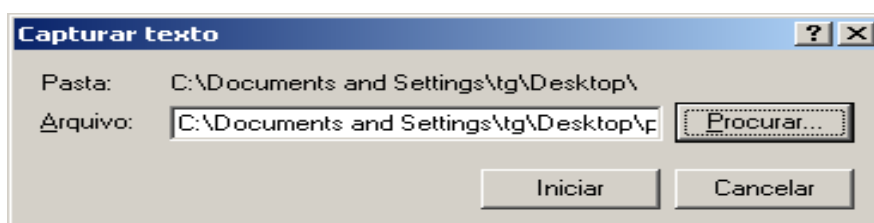


Figura 3.8 – Tela do recurso “Capturar texto”
(Fonte: O Autor)

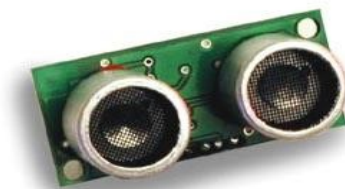


Figura 3.9 – Sensor de nível ultrassônico
(Fonte: O Autor)

O funcionamento desse sensor ultrassônico baseia-se na emissão de uma onda sonora de alta frequência, e na medição do tempo necessário para a recepção do eco produzido quando esta onda atinge algum objeto capaz de refletir o som.

O sensor emite pulsos ultrassônicos ciclicamente. Quando o objeto reflete estes pulsos, o eco é detectado e internamente convertido em um sinal elétrico. A detecção do eco incidente depende de sua intensidade e, portanto, da distância entre o objeto e o sensor ultrassônico. Estes sensores se baseiam na medição do tempo de propagação do eco, isto é, o intervalo de tempo medido entre a onda sonora emitida e o retorno da mesma.

Para medir a vazão da bomba foi utilizado um pequeno sensor de fluxo, constituído por um corpo de válvula de plástico, um rotor dentro d'água e um sensor de efeito Hall. A medição é feita quando a água flui através do rotor, fazendo-o girar de acordo com a taxa de vazão. Então o sensor de efeito Hall gera um sinal de impulso correspondente à velocidade. Na Figura 3.10 é mostrado o sensor de fluxo.



Figura 3.10 – Elemento sensor de vazão
(Fonte: O Autor)

O sensor de vazão utilizado possui 3 (três) fios para ligação. Dois são destinados a alimentação e o outro é o fio responsável por gerar o sinal descrito anteriormente, ou seja, de acordo a velocidade do fluido este fio envia para o microcontrolador um sinal elétrico correspondente à velocidade.

Para fazer a leitura dos sensores foi utilizada a placa Arduino UNO®. O Arduino UNO® é um projeto que engloba software e hardware e tem como objetivo fornecer uma plataforma fácil para prototipação de projetos interativos, utilizando um microcontrolador que é baseado no ATmega328. A linguagem de programação usada é a linguagem C/C++. A maior vantagem do Arduino® frente aos demais microcontroladores é sua simplicidade, tanto em manipular o hardware como para programá-lo, além do fato de ser um software livre.

O modelo sugerido é o Arduino UNO®, que possui 14 pinos digitais de entrada/saída, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM, 6 entradas analógicas, um conector para alimentação, dentre outras características. A placa pode ser visualizada na Figura 3.11.

Por fim é sugerido o uso de um inversor de frequência, que é um equipamento bastante difundido em instalações industriais destinados ao controle e variação de velocidade de motores elétricos de indução

trifásicos. A aplicação consiste em controlar a velocidade da bomba centrífuga da planta CIP deste trabalho.

Assim, deve-se escolher um inversor de frequência com tensão nominal de 220 V e corrente nominal superior a 16,12 A. Portanto, o inversor sugerido é o modelo CFW08 da WEG®, destinado para o acionamento de motores trifásicos na faixa de potência de 0,25 a 20 cv e é capaz de fornecer alimentação de 220 V com corrente de saída variável entre 1,0 a 33 A. Na própria descrição do equipamento escolhido é mencionado que uma das aplicações do mesmo é justamente o controle de velocidade de bombas centrífugas.

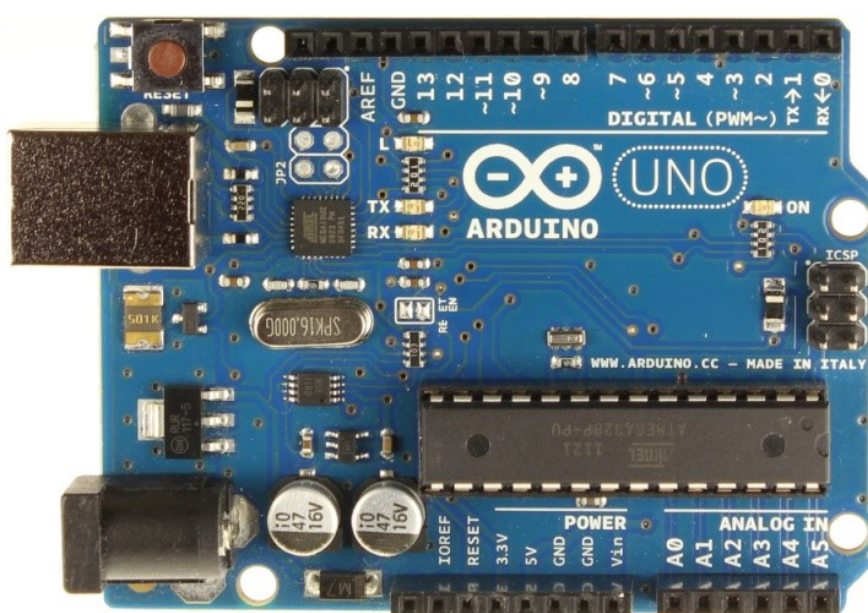


Figura 3.11 – Placa Arduino UNO®
(Fonte: O Autor)

No Quadro 4.1 é apresentado o programa desenvolvido para a monitoração das variáveis em estudo.

Quadro 4.1 – programa no Arduino UNO®

Programa sensor Ultrassônico	Programa elemento sensor de vazão
<pre> #include <Ultrasonic.h> #define pino_trigger 4 #define pino_echo 5 Ultrasonic ultrasonic(pino_trigger, pino_echo); void setup() { Serial.begin(9600); Serial.println("Lendo dados do sensor:"); } void loop() { float cmMsec, inMsec; long microsec = ultrasonic.timing(); cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM); inMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::IN); Serial.print("Distancia em cm: "); Serial.print(cmMsec); Serial.print(" - Distancia em polegadas: "); Serial.println(inMsec); delay(1000); } </pre>	<pre> volatile int NbTopsFan; int Calc; int hallsensor = 2; void rpm () { NbTopsFan++; } { pinMode(hallsensor, INPUT); Serial.begin(9600); attachInterrupt(0, rpm, RISING); } { NbTopsFan = 0; sei(); delay (1000); cli(); Calc = (NbTopsFan * 60 / 7.5); Serial.print (Calc, DEC); Serial.print (" L/h\r\n"); } </pre>

Capítulo 4

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4.1 é apresentado o comportamento temporal da variável condutividade elétrica da solução, considerando os valores lidos pelo condutivímetro e transferidos para o sistema de aquisição de dados via Hyperterminal®.

Como pode-se notar, os valores temporais da condutividade se mantêm praticamente constantes, com poucos ruídos - variações de picos e vales no gráfico.

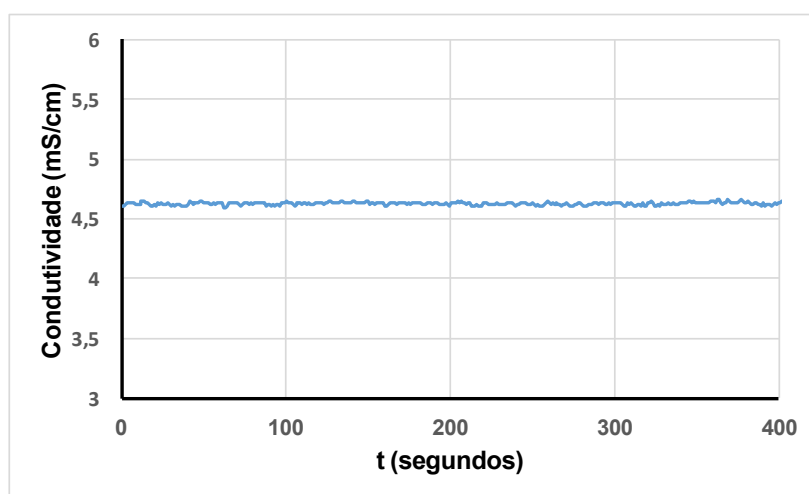


Figura 4.1 – Condutividade elétrica da solução
(Fonte: O Autor)

Na Figura 4.2 é apresentado o comportamento temporal do nível de líquido no interior do reservatório, considerando os valores lidos pelo Arduino UNO®.

O gráfico representa o que ocorreu fisicamente no experimento proposto. Em aproximadamente 100 segundos, abriu-se a válvula da linha de sessão de testes. E em aproximadamente 400 segundos, abriu-se mais a válvula, ocasionando num esvaziamento maior no tanque

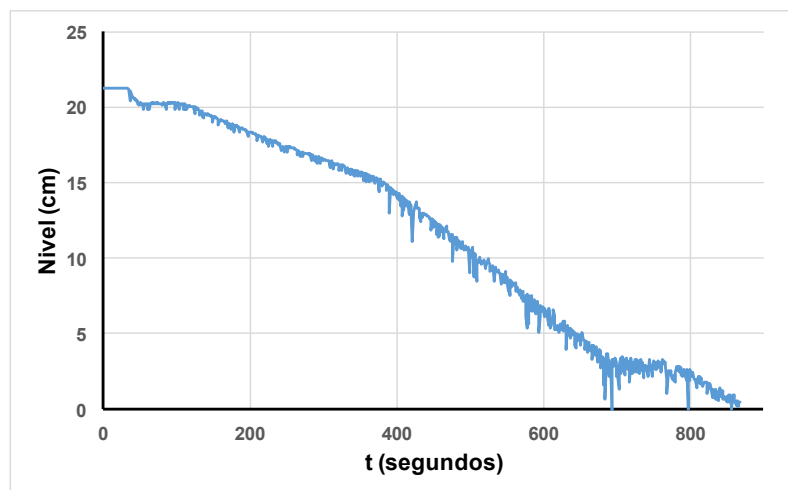


Figura 4.2 – Nível de líquido no reservatório
(Fonte: O Autor)

Na Figura 4.3 é apresentado o comportamento temporal da vazão, considerando os valores lidos pelo Arduino UNO®.

Este gráfico, em complemento ao anterior, demonstra bem as duas variações na vazão aplicadas em aproximadamente 100 e 400 segundos. Diferentemente do primeiro gráfico, ambos gráficos das figuras 4.2 e 4.3 apresentam ruídos maiores, onde nesse último ocorre de maneira mais acentuada.

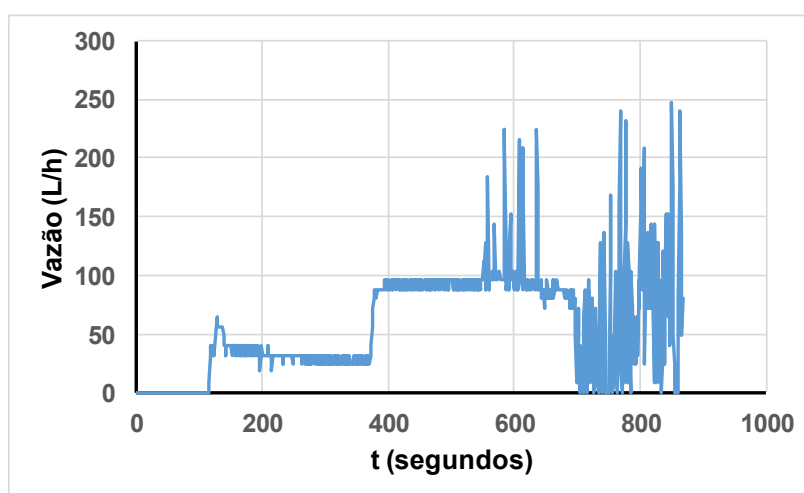


Figura 4.3 – Vazão de líquido
(Fonte: O Autor)

Capítulo 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A montagem do protótipo de sistema CIP foi realizada com sucesso e funcionou de maneira adequada e coerente.

A instrumentação utilizada foi bastante simples e apresentou resultados considerados satisfatórios. A coleta eletrônica dos valores das variáveis de processo de interesse foi realizada com sucesso.

Como se pode constatar, a condutividade se manteve constante e com pouco ruído, o que era esperado uma vez que o fluido não sofreu variação em sua composição.

Já os valores colhidos representados nas figuras que representam o nível e a vazão, apresentam um nível de ruído, o qual não comprometeu a confiabilidade dos resultados obtidos com o protótipo, pois estes correspondem quantitativamente à tendência do fenômeno físico. Tais ruídos ao final podem ser justificados pela formação de vórtices no tanque de armazenamento quando este fica perto do final de seu conteúdo.

Os vórtices podem ter afetado assim como o medidor ultrassônico de nível, como também o medidor de vazão com a possibilidade de bolhas na corrente. Como este medidor foi criado para ser preciso em apenas para uma fase, a existência dessas bolhas pode ser a fonte do ruído.

Seria necessário posterior refinamento da etapa de condicionamento dos sinais adquiridos, visando filtrar o ruído, como também a instalação de chicanas para diminuir o efeito do vórtice, de modo a permitir melhor representatividade do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Bott, T.R..(1995). Fouling of Heat Exchangers. Elsevier, New York.

Fryer, P. J., Robbins, P. T., Asteriadou, K. (2011). Current knowledge in hygienic design: can we minimize fouling and speed cleaning?. 11th International Congress on Engineering and Food

Liu, W., Zhang, Z., Fryer, P. J. (2006). Identification and modelling of different removal modes in the cleaning of a model food deposit. Chemical Engineering Science

Mengyun Fan, B. S., (2014). Effectiveness of pre-rinse during in-place cleaning of stainless steel pipe lines. THESIS presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master in the Graduate School of The Ohio State University

Dif, M., Blel, W., Tastayre, G., Lendormi, T., Sire, O. (2012). Identification of transfer mechanisms involved in soiled CIP solutions regeneration at extreme pH and high temperature. Journal of Food Engineering.

Schöler, M., Föst, H., Helbig, M., Gottwald, A., Friedrichs, J., Werner, C., Augustin, W., Scholl, S., Majschak, J. P. (2012). Local analysis of cleaning mechanisms in CIP processes. Food and Bioproducts Processing.

Xin, H., Chen, X. D., O'zkan, N. (2004). Removal of a Model Protein Foulant from Metal Surfaces. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). Vol. 50, No. 8.

Gedraite, R., Silva, G. A. P., Vieira, J. S., Pinheiro, B. H. O., Alvares, C. A. (2015). Estudo experimental acerca da cinética de remoção de depósitos de proteína de leite usando eletrólise. Apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Química em iniciação Científica UNICAMP.

Gedraite, R., Sousa, V. G., Carneiro, L dos R. A., Cardoso, V. L. C. (2016). Utilização de planilhas eletrônicas para ajuste dos parametros de modelos semi-empíricos do tipo fopdt utilizados em sistemas de lim-peza cip. Apresentado na Jornada em Engenharia Química UFU.