

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO E CONTROLE DE PROCESSOS
INDUSTRIAIS**

ELIELSON DE MATOS BATISTA

**UTILIZAÇÃO DE SIMULADOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS
INTEGRADO AO SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA VALIDAÇÃO DE
LÓGICAS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE EM UMA FÁBRICA DE
CELULOSE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2017

ELIELSON DE MATOS BATISTA

**UTILIZAÇÃO DE SIMULADOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS
INTEGRADO AO SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA VALIDAÇÃO DE
LÓGICAS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE EM UMA FÁBRICA DE
CELULOSE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Automação e Controle de Processos Industriais, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Cristina Correa

PONTA GROSSA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELE



TERMO DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO DE SIMULADOR DE PROCESSOS INDUSTRIAIS INTEGRADO AO SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA VALIDAÇÃO DE LÓGICAS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE EM UMA FÁBRICA DE CELULOSE

por

Elielson de Matos Batista

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em vinte e cinco de agosto de dois mil e dezessete, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Automação e Controle de Processos Industriais. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Fernanda Cristina Correa
Prof. Orientador

Prof. Dr. Max Mauro Dias Santos
Membro da banca

Prof. Dr. Claudinor Bitencourt Nascimento
Membro da banca

- A folha de aprovação assinada encontra-se arquivada na secretaria do curso -

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Fernanda Cristina Correa, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

BATISTA, Elielson de Matos. **Utilização de simulador de processos industriais integrado ao sistema supervisório para validação de lógicas e estratégias de controle em uma fábrica de celulose.** 2017. 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Automação e Controle de Processos Industriais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

O sucesso de um projeto com as dimensões e particularidades que uma fábrica produtora de celulose integrada demanda, está diretamente relacionado à qualidade das atividades e etapas que antecedem a fase de startup da planta. Uma das atividades fundamentais da disciplina de automação é o TAF (Teste de Aceitação de Fábrica) que é realizado antes do período de comissionamento, e, possui dentre outros objetivos, a validação e testes de estratégias e lógicas de controles implementadas. Neste projeto foi utilizado o Operator Training Simulator (OTS) que consiste da integração de simulador dinâmico de alta fidelidade com o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) para viabilizar o treinamento dos operadores da planta permitindo que os mesmos possam executar procedimentos operacionais, desenvolver familiaridade com as telas sinóticas e demais recursos disponíveis no sistema supervisório, utilizando ambiente virtual que reproduz com alta fidelidade as condições e comportamentos de um processo produtivo real. As configurações finais do OTS ocorreram na fase de Joint TAF, contemplando atividades como: Mapeamento de pontos de comunicação, ajustes de modelagens, avaliação dos sequenciais de partida e paradas da planta, observação das respostas às ações de controle, sintonia de malhas, etc. A estrutura do OTS e as atividades realizadas na fase de Joint TAF permitiram a reavaliação das estratégias e lógicas de controle atuando de forma integrada, o que possibilitou a identificação de oportunidades de melhorias e necessidades de correções, que foram classificadas em três categorias principais de benefícios, sendo para operação (77%), segurança (13%) e manutenção (10%).

Palavras-chave: Automação. Controle. Modelagem. OTS. Simulação.

ABSTRACT

BATISTA, Elielson de Matos. **Use of industrial process simulator integrated to the supervisory system for validation of logic and control strategies in a pulp mill.** 2017. 20 p. Work of Conclusion Course (Specialization in Automation and Control of Industrial Processes) - Federal University of Technology - Paraná, Ponta Grossa, 2017.

The success of a project with the dimensions and particularities that an integrated cellulose producer demands, is directly related to the quality of the activities and stages that precede the startup phase of the plant. One of the fundamental activities of the automation discipline is the TAF (Factory Acceptance Test), which is carried out before the commissioning period, and has, among other objectives, the validation and testing of strategies and logics of implemented controls. In this project we used the Operator Training Simulator (OTS), which consists of the integration of high fidelity dynamic simulator with the Digital Distributed Control System (SDCD) to enable the training of the plant operators allowing them to perform operational procedures, develop familiarity with the synoptic screens and other resources available in the supervisory system, using a virtual environment that reproduces with high fidelity the conditions and behaviors of a real productive process. The final configurations of the OTS occurred in the Joint TAF phase, contemplating activities such as: Mapping of communication points, modeling adjustments, evaluation of sequential starting and stopping of the plant, observation of responses to control actions, tuning of meshes, etc. The structure of the OTS and the activities carried out in the Joint TAF phase allowed the reappraisal of strategies and control logics acting in an integrated manner, which allowed the identification of improvement opportunities and correction needs, which were classified into three main categories of benefits being for operation (77%), security (13%) and maintenance (10%).

Keywords: Automation. Control. Modeling. OTS. Simulation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
2.1 TECNOLOGIAS E RECURSOS UTILIZADOS	10
2.2 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTOS.....	12
2.3 DISPONIBILIZAÇÃO DOS MINISSISTEMAS PARA TREINAMENTO OPERACIONAL	14
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4 CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por produtos industrializados oriundos de processos produtivos sustentáveis que atendam as legislações, diretrizes ambientais e sociais bem como os altos padrões de qualidade e o nível de competitividade que o mercado globalizado exige, faz com que grandes projetos industriais utilizem os mais avançados recursos tecnológicos disponíveis para garantir o correto dimensionamento da planta e viabilizar a execução efetiva de cada etapa devidamente programada ao longo da implementação e início das atividades operacionais.

Desta forma, observações semelhantes às feitas por (FERRARO, 2012) que classifica o setor de produção de celulose e papel como sendo um dos setores geradores de grandes impactos ambientais são respondidas com ações efetivas. Um bom exemplo de tecnologia aplicada é a estrutura OTS (*Operator Training Simulator*) que permite que a configuração da fábrica real seja carregada no sistema de treinamento, de modo que os operadores sejam treinados usando a mesma interface que será utilizada na instalação física (incluindo os mesmos gráficos, cenários e lógicas), o que aprimora o processo de aprendizagem, envolvendo ativamente os operadores e fornecendo feedback imediato, sem riscos de falhas ou acidentes (ANDRITZ Inc., 2015).

O presente trabalho está baseado em parte das atividades desenvolvidas para viabilização do início da operação da Unidade Puma da Klabin que foi inaugurada em março/2016 dobrando a capacidade de produção da empresa e tornando-a como única fábrica do Brasil capaz de produzir simultaneamente a celulose de eucalipto fibra curta, celulose de pinus fibra longa e celulose *fluff*. A Unidade Puma tem capacidade para geração de 270 MW de energia a partir de biomassa, sendo que 120 MW destinam-se à fábrica e, os 150 MW excedentes, suficientes para abastecer uma cidade de 500 mil habitantes, são disponibilizados para o Sistema Elétrico Brasileiro (KLABIN, 2017).

Buscando maximizar os ganhos e otimizar a curva de *startup* da planta, optou-se pela contratação e configuração do sistema OTS, que dentre outros benefícios previamente citados, permitiram também a realização da validação das estratégias e lógicas de controle, evitando perdas e atrasos durante o período de comissionamento. De acordo com (PINTO; MILANEZ; TUPINAMBÁS, 2015),

experiências em projetos recentes, tem determinado que a validação das lógicas de controle utilizando um simulador dinâmico de processos pode eliminar até 80% dos erros de programação do sistema de controle antes da planta ser comissionada. Para viabilizar a modelagem das plantas industriais em ambiente virtual, são utilizadas tecnologias, softwares, hardwares e engenharia adquiridos de dois principais fornecedores, sendo a empresa Andritz Automation e a empresa Schneider Electric.

Neste trabalho, as avaliações do sistema de controle incluindo lógicas, estratégias, sequenciais de partida, inter travamentos, alarmes, etc. são executadas durante a etapa de *Joint-TAF* (Teste de Aceitação de Fábrica), realizado em conjunto pelo fornecedor do simulador de processos, fornecedor do sistema de controle, equipe de projetos da planta, operadores e especialistas de processo. Os resultados alcançados foram significativos e serão oportunamente apresentados e discutidos.

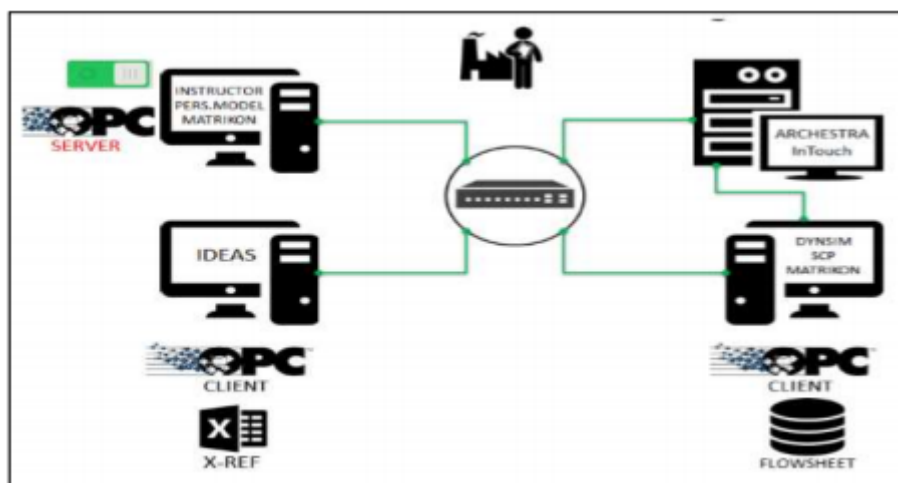
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para reproduzir as condições de operação de uma planta real em ambiente virtual, viabilizar as interações necessárias entre o SDCD e o simulador de processos, utilizou-se softwares, hardwares e tecnologias diversas, que serão descritas a seguir.

2.1 TECNOLOGIAS E RECURSOS UTILIZADOS

A estrutura contendo softwares, hardwares e demais recursos para possibilitar a simulação de operação de uma planta real em ambiente virtual foi denominada como minissistema e está representada na Figura 1.

Figura 1 - Minissistema para simulação de operação da planta



Os próximos itens apresentam informações referentes aos principais recursos utilizados na infraestrutura de um minissistema:

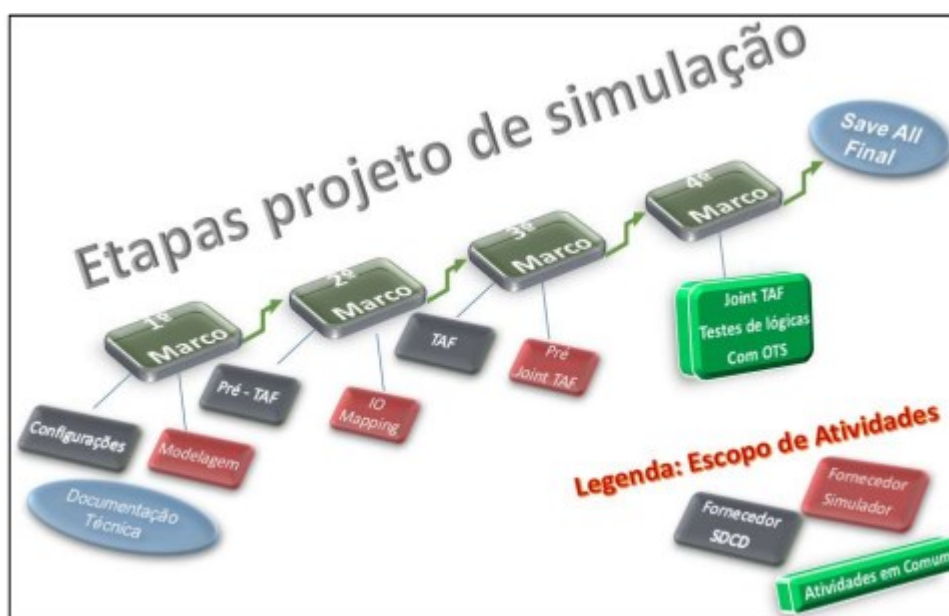
- a) OPC (*OLE for Process Control*): Protocolo de comunicação padronizado para promover a comunicação entre equipamentos fabricados por fornecedores diferentes sem a necessidade de drivers específicos;
- b) IDEAS (*Integrated Design Engineering with Advanced Simulation*): Software fornecido pela empresa Andritz Automation, que permite a simulação dinâmica de processos industriais utilizando as operações unitárias e demais disciplinas da engenharia que se fizerem necessárias.

- c) Este software foi instalado em um servidor dedicado, integrado aos demais sistemas e possibilitou a simulação do comportamento de todos os equipamentos e instrumentos utilizados em campo como bombas, motores, transmissores de fluxos, temperaturas, pressões, níveis, etc.;
- d) IDEAS INSTRUCTOR: Software fornecido pela empresa Andritz para gerenciamento centralizado de todos os sistemas e recursos tecnológicos envolvidos para viabilizar a simulação das condições operacionais da planta em questão. Este software foi instalado em um servidor dedicado e permite que as ações e atividades de treinamentos operacionais sejam monitoradas por um instrutor;
- e) SCP280: Software fornecido pela empresa Schneider Electric, que atua como simulador virtual do processador de controle da Série I/A da Foxboro (DINIZ, 2015). Este sistema foi instalado em um servidor dedicado e foi responsável por emular o funcionamento dos controladores físicos que posteriormente foram instalados na planta;
- f) DYNMIM: Software fornecido pela empresa Schneider Electric que foi utilizado como interface entre o simulador IDEAS e o SCP, atuando como servidor OPC para comunicação entre os sistemas (DINIZ, 2015). Este software foi instalado em servidor dedicado;
- g) Orchestra: Software fornecido pela empresa Schneider Electric para promover a interface de desenvolvimento viabilizando acesso à base de dados e permitindo que fossem implementadas e configuradas todas as lógicas e estratégias de controles necessárias para o funcionamento e operação da planta;
- h) *InTouch Window Maker*: Software fornecido pela empresa Schneider Electric que permite o desenvolvimento das telas de controle necessárias para a operação da planta;
- i) *InTouch Window Viewer*: Software fornecido pela empresa Schneider Electric para executar as telas criadas com o *InTouch Window Maker*.

2.2 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTOS

Os desenvolvimentos ocorreram através de etapas e atividades executadas exclusivamente pela equipe técnica e recursos do fornecedor do SDCD, do fornecedor do simulador de processos e também de atividades realizadas em comum. Todas as etapas foram realizadas em paralelo e o envio e atualização das documentações técnicas bem como o apoio das equipes operacionais e de engenharia das plantas modeladas foram essenciais para o sucesso do projeto. A Figura 2 mostra o resumo das etapas e atividades desenvolvidas.

Figura 2 - Atividades e etapas do projeto de simulação



Os próximos itens descrevem as atividades e os principais marcos ocorridos durante o desenvolvimento do projeto:

a) 1º Marco: Configuração de lógicas de controles e modelos de processos:

- Escopo do fornecedor do SDCD: Configuração das lógicas e estratégias de controle após o recebimento da documentação técnica como diagramas lógicos, regras de inter travamentos, sequenciais de partidas e demais informações referentes as plantas simuladas no ambiente de desenvolvimento do sistema supervisório;

- Escopo do fornecedor do simulador: Desenvolvimento da modelagem dos processos simulados após recebimento das documentações técnicas como diagramas lógicos e de controles, fluxogramas e layout de processos, balanços de

massa, água e energia, folha de dados de equipamentos, curva de bombas, lista de equipamentos, manuais de operação, descritivos de processos e de controles e demais informações relevantes. Os desenvolvimentos dos modelos foram particionados e realizados em paralelo por equipes distintas de forma a otimizar o tempo de modelagem.

b) 2º Marco: Pré TAF e IO *Mapping*:

- Escopo do fornecedor do SDCD: Durante o Pré TAF, preparar e atualizar os sistemas de controle definitivos com as estratégias de controles e telas sinóticas configuradas no ambiente de desenvolvimento, gerando base de dados contendo os típicos e sinais analógicos e digitais utilizados;

- Escopo do fornecedor do simulador: Unificar os modelos segmentados na etapa anterior e realizar a configuração do mapa de comunicação dos pontos analógicos e digitais necessários para integração entre os dois principais sistemas, onde os sinais de entradas para o SDCD como níveis, fluxos, correntes, etc. são sinais de saídas para o simulador de processos, e, ao mesmo tempo sinais de saídas do SDCD como comando de liga/desliga de equipamentos, abertura de válvulas, etc. são sinais de entradas para o simulador de processos.

c) 3º Marco: TAF e Pré *Joint*TAF:

- Escopo do fornecedor do SDCD: Durante o TAF (Teste de Aceitação de Fábrica), testar as estratégias e lógicas de controles, inter travamentos, alarmes, adequar telas, etc. juntamente com equipe de projetos, especialistas e operadores das plantas industriais. Durante estas atividades foram identificadas diversas necessidades de alterações, correções e implementação de novas estratégias de controles, a fim de garantir performance, reduzir riscos em segurança e viabilizar melhores condições operacionais. Tais alterações foram implementadas e a documentação técnica bem como nova base de dados foi emitida e disponibilizada para as devidas atualizações no simulador de processos;

- Escopo do fornecedor do simulador: Durante o Pré *Joint*TAF, utilizado as documentações técnicas e disponibilização da base de dados finalizada após etapa de TAF, atualizar as alterações e os mapas de comunicação no simulador e sistemas intermediários. Esta etapa foi realizada imediatamente após as atividades de TAF e foi preparatória para a etapa seguinte que foi executada com escopo em comum (fornecedor do SDCD e fornecedor do simulador).

d) 4º Marco: *Joint* TAF:

Escopo comum entre fornecedor do SDCD e fornecedor do simulador: Além da equipe que participou da etapa de TAF (equipe de projetos, especialistas e operadores das plantas industriais), esta fase agregou também toda a estrutura de simulação de forma que as atividades realizadas para ajustes de modelagem e configuração do OTS como: procedimentos para partidas e paradas das plantas, procedimentos de emergência, observação das respostas às ações de controle, sintonia de malhas, etc., fossem efetuadas de forma dinâmica e com total interação entre o SDCD e o simulador de processo. Durante esta etapa, foi possível a identificação de oportunidades de melhorias e necessidades de correções principalmente em estratégias e lógicas de controle, intertravamentos e alarmes, que foram registradas e implementadas nos respectivos sistemas envolvidos.

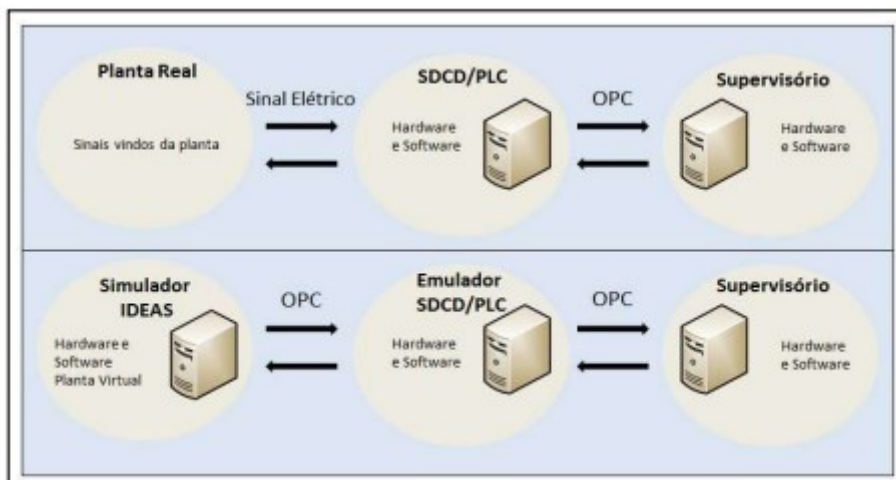
e) *Save All Final*:

Após finalizada a etapa de *Joint Taf*, o sistema do SDCD real foi atualizado com as configurações implementadas bem como toda a modelagem para permitir o correto funcionamento do OTS foi atualizada na estrutura definitiva dos minissistemas para viabilizar os treinamentos operacionais das respectivas plantas modeladas.

2.3 DISPONIBILIZAÇÃO DOS MINISSISTEMAS PARA TREINAMENTO OPERACIONAL

Com os minissistemas configurados ao longo das etapas anteriores, iniciou-se as atividades de OTS (*Operator Training Simulation*) onde os operadores utilizaram os simuladores para realizar procedimentos operacionais em ambiente simulado, aplicando procedimentos e metodologias utilizadas na operação das plantas reais. A Figura 3 apresenta comparação entre o processo virtual simulado e o processo real.

Figura 3 - Comparativo entre planta real e planta virtual



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a etapa de *Joint TAF*, os sistemas de controle do SDCD e o sistema de simulação estavam totalmente integrados, possibilitando assim que a equipe envolvida pudesse executar os testes nas estratégias de controles, inter travamentos e sequenciais de partidas considerando todas as interações entre equipamentos e processos envolvidos. Os principais procedimentos operacionais como partida/parada de planta foram executados, e as respostas do processo considerando os balanços de massa, água e energia, maximizaram os ganhos na identificação de oportunidades de melhorias e correções.

Foram identificadas, registradas e corrigidas 788 alterações nos sistemas de controle das diversas áreas simuladas conforme mostra a Figura 4, e, estas correções e melhorias efetuadas viabilizaram 2.010 benefícios potenciais indiretos nas disciplinas de operação (77%), segurança (13%) e manutenção (10%), conforme mostra a Figura 5. Os benefícios potenciais apontados podem promover impactos positivos nas atividades específicas de cada disciplina conforme estão expostas nas figuras 6, 7 e 8 respectivamente. O volume expressivo de correções executadas e dos benefícios refletidos nas diversas atividades, traduz indiretamente o esforço e tempo economizado na etapa de comissionamento e *startup* das plantas.

Figura 4 - Correções e melhorias implementadas



Figura 5 - Benefícios por disciplina



Figura 6 - Benefícios em atividades relacionadas à operação



Figura 7 - Benefícios em atividades relacionadas à segurança**Figura 8 - Benefícios em atividades relacionadas à manutenção**

4 CONCLUSÕES

Os benefícios típicos com a utilização de um sistema OTS antes da partida da fábrica foram alcançados, sendo os principais: familiarização dos operadores com os sistemas de controle e telas operacionais, padronização dos procedimentos de partida, parada e de emergência e padronização de ações para resolver eventuais desvios no processo.

O sistema de simulação proporcionou benefícios adicionais importantes para o projeto, uma vez que as melhorias e correções identificadas e efetuadas na etapa de *Joint-TAF*, provavelmente seriam percebidas durante os comissionamentos e *startup* das plantas, podendo causar impactos negativos para o cumprimento do cronograma planejado.

O grande número de benefícios identificados em atividades relacionadas à operação, manutenção e segurança, reforçam que a decisão em utilizar simuladores para auxílio aos treinamentos operacionais e verificação dos sistemas de controle foi assertiva e contribuiu significativamente para a realização efetiva das etapas planejadas e pelo sucesso do projeto.

O envolvimento da equipe de projetos e especialistas das plantas produtivas na etapa de *JointTAF* foi de fundamental importância para identificação de oportunidades de melhorias e correções relacionadas ao sistema de controle das plantas e também para realização de eventuais ajustes e correções na modelagem.

REFERÊNCIAS

ANDRITZ Inc. (15 de Agosto de 2015). **IDEAS Soluções em simulação para indústria**. Atlanta, Geórgia, Estados Unidos: www.andritz.com.

DINIZ, C. (Dezembro de 2015). **Manual de manutenção do sistema OTS**. São Paulo, SP, Brasil: Schneider Electric.

FERRARO, A. C. (2012). **Sustentabilidade ambiental nas empresas brasileiras do setor de celulose e papel**. Belo Horizonte: Faculdade De Ciências Empresariais - Face.

KLABIN Fabricadora de Papel e Celulose. (29 de Julho de 2017). <https://www.klabin.com.br/pt/a-klabin/unidade-puma>

PINTO, P. Z.; MILANEZ, H. P.; TUPINAMBÁS, T. M. (17 - 21 de Agosto de 2015). Utilização do simulador de processos ideas em validação de lógicas de controle e treinamento operacional. Rio de Janeiro, Brasil: 19th SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO E TI INDUSTRIAL - ABM WEEK, **Anais...**, 2015.