

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

Murilo Ramos Carraro

**Ferramenta para Geração de Telas de
Supervisão**

Florianópolis
2017

Murilo Ramos Carraro

Ferramenta para Geração de Telas de Supervisão

Relatório submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a aprovação na disciplina **DAS 5511: Projeto de Fim de Curso** do curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador(a): Prof. Leandro Buss Becker

Florianópolis
2017

Murilo Ramos Carraro

Ferramenta para Geração de Telas de Supervisão

Esta monografia foi julgada no contexto da disciplina DAS5511: Projeto de Fim de Curso e aprovada na sua forma final pelo Curso de Engenharia de Controle e Automação.

Florianópolis, 31 de março de 2017

Banca Examinadora:

Prof. Leandro Buss Becker
Orientador no Curso
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fábio Baldisser
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Maisa Beraldo bandeira
Debatedor
Universidade Federal de Santa Catarina

Luana de Oliveira Pereira
Debatedor
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Vera e José, e minha namorada Daniela, pelo apoio, compreensão e paciência nos momentos dedicados a este trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Leandro Buss Becker, pela ajuda, paciência e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas e amigos do projeto no Departamento de Automação e Sistemas da UFSC, que de uma forma direta ou indireta me auxiliaram.

Ao Centro de Pesquisa da Petrobrás (Cenpes), especialmente ao Dr. Mário Campos e Dr. Marcelo Lopes de Lima, pelas sugestões e por ter acreditado nesta ferramenta.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido no escopo do projeto de pesquisa intitulado “Desenvolvimento de Algoritmos de Controle Preditivo Não Linear e de Avaliação de Desempenho de Controladores Preditivos para Plataformas de Produção de Petróleo”, uma parceria entre o Departamento de Automação e Sistemas da UFSC e o Centro de Pesquisa da Petrobrás (Cenpes). O trabalho teve por objetivo projetar e desenvolver uma ferramenta capaz de gerar telas de supervisão para serem utilizadas em sistemas de controle avançado. De modo mais específico, a ferramenta proposta foi projetada para operar em conjunto com o software MPA (Módulo de Procedimentos Automatizados), o qual é utilizado pela Petrobrás para a implementação de sistemas de controle avançado, especialmente nas suas plataformas de petróleo.

A ferramenta para gerar telas de supervisão foi projetada de tal forma que o seu usuário possa trabalhar num nível de abstração mais elevado, sem a necessidade de se ater em detalhes como linguagens e/ou tecnologias de programação. Bastam conhecimentos a respeito do processo que deverá ser supervisionado. Isso faz com que ele possa realizar a tarefa de geração de telas de supervisão de maneira mais eficiente, ou seja, com maior rapidez e livre de erros de desenvolvimento. Para poder gerar as telas de supervisão cabe ao usuário a tarefa de importar um projeto de controle avançado desenvolvido no MPA, selecionar as variáveis de interesse, definir o tipo de visualização para cada variável e então proceder com a geração das telas de supervisão e também do software encarregado da leitura dos dados durante a execução.

Para testar e avaliar a ferramenta desenvolvida realizou-se divisões em iterações, onde, ao final de cada etapa, testes pelo autor deste trabalho eram feitos para validar as funcionalidades desenvolvidas. Logo após, testadores a parte (no papel de usuários), realizavam testes a fim aprovar a parte do sistema desenvolvida, bem como recomendar a adição de novas funcionalidades.

Palavras-chave: Telas de Supervisão. Controle avançado. Módulo de Procedimentos Automatizados (MPA).

ABSTRACT

This work was developed in the scope of the research project entitled "Development of Nonlinear Predictive Control Algorithms and Performance Evaluation of Predictive Controllers for Oil Production Platforms", a partnership between the Department of Automation and Systems of UFSC and the Petrobras Research Center (Cenpes). The objective of the work was to design and develop a tool capable of generating supervisory screens to be used in advanced control systems. More specifically, the proposed tool was designed to operate in conjunction with MPA software (Module of Automated Procedures), which is used by Petrobras for the implementation of advanced control systems, especially in yours oil platforms.

The tool for generating supervisory screens is designed in such a way that your user can work at a higher abstraction level, without the need to dwell on details such as languages and / or programming technologies. It's enough to the same knowledge about the process that must be supervised. This makes him able to perform the task of generating supervisory screens more efficiently, that is, faster and error-free development. In order to generate the supervisory screens, it's up to the user to import a project of advanced control developed in the MPA, select the variables of interest, define the type of visualization for each variable and then proceed with the generation of the supervision screens and also the tool is in charge of reading the data during execution.

In order to test and evaluate the developed tool, it was divided into iterations, where, at the end of each stage, tests by the author of this work were done to validate the developed functions. Right after, testers aside (in the role of users), performed tests in order to approve the part of the developed system, as well as to recommend the addition of new functionalities.

Key-words: Supervisory Screens. Advanced control. Module of Automated Procedures (MPA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Processo de utilização do MPA, composto de quatro etapas. _____	7
Figura 2: Tela inicial do MPA (Pré-configuração). _____	9
Figura 3: Exemplo de configuração de uma planta no MPA. _____	10
Figura 4: MPA interface de execução. _____	11
Figura 5 – Diagrama funcionamento sequencial da ferramenta. _____	16
Figura 6 – Tela do Menu inicial. _____	17
Figura 7 – Árvore exemplo com todas as Plantas carregadas. _____	18
Figura 8 – Tela de Configuração da interface. _____	19
Figura 9 – Quadros padrões de acompanhamento com outros recursos. _____	23
Figura 10 – Quadro padrão de acompanhamento com a legenda desejada. _____	23
Figura 11 – Quadro de acompanhamento com checkbox. _____	24
Figura 12 – Quadro de acompanhamento com controle de valor. _____	24
Figura 13 – Quadro de acompanhamento com esquemático de porcentagem. _____	24
Figura 14 – Quadro de acompanhamento completo. _____	25
Figura 15 – Tela de adição de uma Variável em um gráfico. _____	26
Figura 16 – Tela de Habilitação e Limites das variáveis. _____	29
Figura 17 – Tela de Valores atuais e Targets. _____	29
Figura 18 – Divisão dos Módulos e funcionalidades desenvolvidas. _____	32
Figura 19 – Exemplo de configuração de interface. _____	37
Figura 20 – Aba de Acompanhamento de variáveis do exemplo de interface. _____	38
Figura 21 – Aba de Gráficos do exemplo de interface crescente. _____	39
Figura 22 – Aba de Gráficos do exemplo de interface com uma janela deslizante. _____	40
Figura 23 – Representação do sistema simulado da estação de compressão. _____	41
Figura 24 – Aba de Acompanhamento de Distancia de surge e Pressões de descarga. _____	42
Figura 25 – Aba de Acompanhamento e gerenciamento do erro, serviço e status. _____	43
Figura 26 – Aba de Gráficos das distancias de Surge 1. _____	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização e justificativa	1
1.2 Motivação	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo Geral	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Organização do Trabalho	4
2 TECNOLOGIAS RELACIONADAS	6
2.1 MPA (Módulo de Procedimentos Automatizados)	6
2.1.1 OLE for Process Control (OPC)	12
2.2 Linguagem LUA	12
2.3 Sistemas de supervisão	14
3 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA PROPOSTA	15
3.1 Funcionamento interno da ferramenta	16
3.2 Funcionalidades aos usuários	20
3.2.1 Menu Inicial	20
3.2.2 Configuração da interface	22
3.2.3 Interface Produzida	26
3.2.4 Execução da interface	27
4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.	28
4.1: Desenvolvimento do Protótipo Inicial	28
4.2: Segunda Iteração	31
4.2.1 Primeiro módulo	32
4.2.2 Segundo módulo	33
4.2.3 Terceiro módulo	33
4.2.4 Quarto módulo	34
4.2.5 Quinto módulo	34
4.3: Terceira Iteração	35
4.3.1 Próximos módulos	35
4.3.2 Testes e resultados	36
5 RESULTADOS	37
5.1: Interface de exemplo	37
5.2: Telas do projeto de Controle de uma estação de compressão	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	46
6.1 Trabalhos Futuros	46
REFERÊNCIAS	48
APÊNDICE A – Manual do Usuário	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

Os sistemas de automação se encontram crescentemente mais complexos em razão dos seus diversos sub processos e do elevado grau de interação entre eles. Nota-se também que especificações cada vez mais rigorosas ambientalmente e financeiramente são realizadas sem negligenciar a segurança e qualidade de seus produtos. Estes fatos impõem novos desafios tecnológicos para as áreas de automação e controle. O uso de técnicas mais avançadas de controle e otimização em tempo real podem ajudar a superar muitos desses desafios. Essas técnicas mostram-se como uma das ferramentas tecnológicas mais importantes para garantir a operabilidade e melhoria destes processos (Campos, Gomes e Perez, 2013).

A tecnologia de controle (Moraes, 2001) gerou um grande aumento de competitividade nas mais diversas áreas e tem um papel significativo em um futuro próximo para garantir as obrigações do mercado. A necessidade de ampliar a produção, diminuir custos e maximizar os lucros obtidos dos processos industriais aumentam ainda mais a complexidade e requerem cada vez mais dos sistemas de controle. Desta maneira tornou-se incontestável a necessidade de integração e cooperação de diferentes algoritmos para o aumento do desempenho dos sistemas de controle, como por exemplo, um sistema inteligente (baseado em regras, e/ou fuzzy) operando em paralelo como os sistemas clássicos de controle, como o algoritmo PID e os algoritmos MPC.

É possível dividir os sistemas de controle em dois tipos, controle regulatório e controle avançado. O controle regulatório (Campos e Teixeira, 2006) é responsável por manter as variáveis básicas do processo (níveis, pressões, temperaturas, etc.) nos seus respectivos *setpoints*, sendo configurado nos CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) ou nos SDCDs (Sistemas Digitais de Controle Distribuídos). Já o controle avançado requer cálculos mais complexos e, em função destes requisitos, estes sistemas são normalmente implementados em um computador de processo, que se

comunica com o sistema de automação através de um driver para o supervisor ou do protocolo OPC (OLE for Process Control).

Os processos de refino da indústria do petróleo e petroquímica abrangem a maior quantidade das aplicações industriais de controle avançado, sendo que atualmente existem diversos ambientes industriais desenvolvidos especialmente com o propósito de possibilitar a execução dos algoritmos de controle nestes processos.

O presente Projeto de Fim de Curso (PFC) foi desenvolvido no escopo de um projeto de pesquisa que objetiva a aplicação de técnicas de controle avançado em plataformas de produção de petróleo. Tal projeto, intitulado “Desenvolvimento de Algoritmos de Controle Preditivo Não Linear e de Avaliação de Desempenho de Controladores Preditivos para Plataformas de Produção de Petróleo”, é uma parceria entre o Departamento de Automação e Sistemas da UFSC e o Centro de Pesquisa da Petrobrás (Cenpes).

O ambiente software MPA (Módulo de Procedimentos Automatizados) foi o escolhido para a implementação dos algoritmos de controle desenvolvidos no projeto em questão. Este software foi desenvolvido pelo Laboratório TECGRAF da PUC-Rio sob encomenda para a Petrobrás.

O MPA é um software voltado para o desenvolvimento e a execução de aplicações de controle e automação de processos industriais. As aplicações são desenvolvidas utilizando programação visual, mais especificamente através de Sequential Function Charts (SFC), o qual é padronizado pela norma IEC 61131-3 (IEC, 2017). Seu objetivo é prover uma ferramenta desenvolvimento acessível à engenheiros, operadores e outros profissionais ligados a automação de processos, para que possam aplicar seu conhecimento prático mais facilmente no desenvolvimento de sistemas de automação. O software MPA, bem como as definições internas feitas por seus usuários, são desenvolvidos na linguagem de programação LUA (Satufet al., 2009).

Em relação aos algoritmos de controle avançado, estes são tipicamente desenvolvidos fora do ambiente MPA e são então encapsulados em bibliotecas do tipo DLL (tipicamente escritas em C/C++), as quais podem ser lidas/escritas pelo MPA. Desta forma, o MPA – e também os projetos

desenvolvidos para o mesmo – podem ser mais facilmente adaptados para diversas aplicações, bastando alterar a DLL como algoritmo a ser executado.

Apesar da maioria dos sistemas desenvolvidos com o MPA serem protegidos por restrições à propriedade intelectual, existem alguns trabalhos científicos publicados que fazem uso do mesmo, tais como (Mendonça, 2007) e (Faller, 2009). Ambos trabalhos têm conseguido alcançar grandes melhorias, em relação a trabalhos anteriores no que diz respeito ao monitoramento, diagnóstico e otimização operacional da produção em tempo real em campos de petróleo operados por Gas-Lift. No livro (Campos, Gomes e Perez, 2003) tem-se um exemplo do uso do MPA em plataformas atuando em tempo real, apresentando os benefícios do emprego das técnicas de controle avançado na Indústria do Petróleo permitindo extrair mais de instalações existentes com praticamente nenhum investimento adicional.

1.2 Motivação

Tipicamente, toda aplicação que é executada no MPA necessita de telas de supervisão. Até o desenvolvimento do presente trabalho cabia ao usuário a programação de um sistema à parte, na linguagem de programação LUA, capaz de exibir as telas de supervisão e também de englobar os mecanismos de interação com o MPA. Trata-se, portanto, de uma tarefa trabalhosa, que requer um alto grau de conhecimento da linguagem LUA, e que está sujeita a erros e falhas. Além disso, muito provavelmente a cada modificação no algoritmo de controle e mesmo na aplicação MPA o sistema de supervisão precisaria ser reprogramado.

Com o uso de telas de supervisão, é possível ao usuário a visualização e a eventual modificação das variáveis utilizadas nos algoritmos de controle “on-the-fly”, isto é, durante a execução dos algoritmos. Esta é uma funcionalidade extremamente desejável tanto para o projeto de pesquisa no qual este PFC se encontra inserido quanto para projetos de outras equipes de engenharia que utilizam o software MPA.

É importante enfatizar que atualmente não existem ferramentas capazes de produzir “telas de supervisão” para projetos feitos no MPA de maneira que o usuário não precise ter o conhecimento de nenhuma linguagem

de programação e elabore cada tela/interface desejada. Este fato motivou a criação da ferramenta apresentada por este trabalho.

As telas geradas pela ferramenta proposta permitem monitorar e alterar variáveis de um processo aplicado no MPA. São vislumbradas duas maneiras distintas de visualizar as variáveis utilizadas nos controles do MPA, sendo a primeira através de quadros de acompanhamento de variáveis, que pode ser individual ou associada a outros recursos de visualização e manipulação de variáveis como checkbox ou esquemáticos de porcentagem. Já a segunda é através de gráficos atualizados de modo online, permitindo aos usuários avaliar valores de variáveis ao longo do tempo de forma rápida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta que permite a criação de interfaces gráficas para o software MPA.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Estudo das ferramentas computacionais utilizadas no desenvolvimento e operação de técnicas de controle avançado.
- Estudo da linguagem Lua e de suas bibliotecas voltadas para a geração e administração de interfaces gráficas.
- Desenvolvimento dos diferentes módulos da ferramenta responsável por criar as telas de supervisão.
- Realizar testes de operação do sistema completo para diferentes cenários e especificações.

1.4 Organização do Trabalho

O restante deste trabalho é dividido em 5 capítulos. O capítulo 2 apresenta a fundamentação técnica para o desenvolvimento do trabalho. O capítulo é dividido em três seções: MPA, a linguagem Lua e Sistemas de Supervisão. O capítulo 3 apresenta o funcionamento proposto para a ferramenta em desenvolvimento, sendo num primeiro momento com uma visão

operacional e após o funcionamento da ferramenta em relação aos seus usuários. O capítulo 4 apresenta os aspectos teóricos e de desenvolvimento da ferramenta em suas iterações. O capítulo 5 apresenta os resultados que podem ser obtidos com a utilização da ferramenta e análise sobre os resultados obtidos durante a utilização da ferramenta no projeto de controle da estação de compressão de uma plataforma da Petrobrás. O capítulo 6 apresenta as conclusões e perspectivas futuras para a ferramenta deste trabalho.

2 TECNOLOGIAS RELACIONADAS

Este capítulo tem como finalidade apresentar uma breve revisão sobre os principais conceitos e tecnologias que se fazem necessários para auxiliar na compreensão deste trabalho e para eventualmente esclarecer das algumas decisões de projeto tomadas.

São apresentadas informações importantes sobre o software MPA, a linguagem Lua e Sistemas de Supervisão.

2.1 MPA (Módulo de Procedimentos Automatizados)

O MPA (Tecgraf, 2015 e 2016) é uma ferramenta que utiliza uma linguagem gráfica de fluxogramas para a definição dos procedimentos de monitoração, diagnóstico e atuação sobre plantas industriais. O MPA é capaz de proceder como sendo um operador do sistema supervisório, monitorando as variáveis e atuando para controlá-las. O MPA possibilita a automação de equipamentos industriais através da definição de **manobras de operação**. Esta ferramenta foi desenvolvida objetivando a automação das plataformas de petróleo, automatizando procedimentos executados remotamente por operadores humanos, mas à medida que teve sua utilização difundida, deixou de ser um equipamento apenas de manobras, combinando automação, diagnóstico, controle e monitoração.

Em termos de estrutura, o MPA é composto de um servidor de execução e um aplicativo de configuração e gerência (denominado aplicativo cliente). O servidor é um processo, que opera no sistema operacional na planta industrial controlada, que contém o executor de diagramas do MPA e recebe comandos de controle do aplicativo cliente. Esses comandos propiciam realizar operações no executor de diagrama, tais como, iniciar a execução de uma manobra de operação ou alterar condições de equipamentos através de seus pontos de controle. O executor de diagramas é responsável por realizar manobras de operação sobre os equipamentos da plataforma, interagindo com o sistema supervisório. Essa interação é feita através de uma ponte de comunicação (OPC).

No aplicativo cliente, elabora-se o algoritmo de automação ou controle representado por meio de fluxogramas, além de descrever os equipamentos da planta industrial.

A figura 1 representa o processo de utilização do MPA, que se inicia com a pré-configuração, onde são fornecidas informações sobre as classes de equipamentos e funções auxiliares. Em seguida deve ser feita a configuração de planta e diagramas. Estas informações são enviadas pelo aplicativo cliente ao servidor de execução e são examinadas pelo executor de diagramas do MPA, que efetivamente opera os equipamentos através do sistema supervisório.

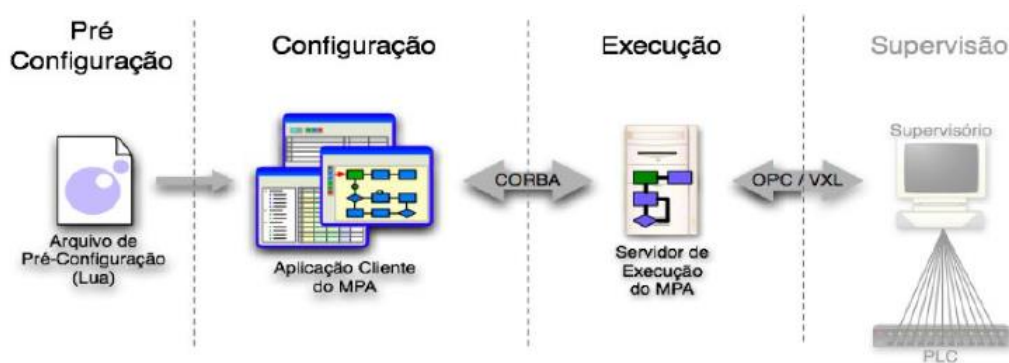


Figura 1: Processo de utilização do MPA, composto de quatro etapas.

Fonte: Tecgraf (2015)

MPA foi concebido como uma ferramenta gráfica para automatização de procedimentos com base em fluxogramas, com a lógica descrita em blocos funcionais e tomadas de decisão. Os primeiros trabalhos com o MPA foram aplicados inicialização das operações de plataformas (as chamadas partidas de planta). Este tipo de procedimento caracteriza-se como crítico em função da necessidade de controle de inúmeros subsistemas que compõem o parque industrial de produção. Esta atividade não é cotidiana, visto que as frequências de partida podem ser mensais, semestrais ou até mesmo anuais, o que aumenta o risco na tomada de decisões inadequadas.

Sistemas como o MPA auxiliam os operadores neste processo, visto que, os conhecimentos que marcaram com sucesso partidas anteriores foram agregados ao sistema e agora serão empregados com segurança. Mas também assistem para controles avançados para estabilização de plantas

através de diagnóstico, ajustes dos parâmetros de controle e atuando diretamente no processo ajustando a abertura de válvulas. Outro exemplo é o Controle Avançado de Otimização da Produção que tem o objetivo de maximizar a produção considerando as restrições do processo baseado no conhecimento dos operadores e engenheiros para possibilitar o desenvolvimento de uma otimização.

É, portanto, uma ferramenta bem flexível e útil. Nela é possível criar um algoritmo complexo, podendo ser usado para aplicação direta do controle, ativando atuadores, ou até para otimização. Este ambiente consegue implementar um algoritmo criado em um fluxograma e assim manipular variáveis externas (através do MPA server). Ela é separada em 4 etapas (Figura 1):

- I. A pré-configuração, onde um programa escrito em linguagem Lua é carregado no MPA, contendo informações sobre que tipo de equipamentos podem ser utilizados e quais funções esses equipamentos possuem. Isso seria como a definição de classes, onde se colocam os equipamentos com seus parâmetros e métodos;
- II. A etapa da planta, onde são geradas instancias dos equipamentos (classes), criados na pré-configuração. Nessa área, consegue-se colocar as variáveis externas (Pontos), e colocá-las como parâmetros para os equipamentos, se assim estiver definido na pré-configuração;
- III. A parte de fluxos ou diagramas, onde se monta um algoritmo que irá usar essas instâncias criadas na planta para fazer a lógica prevista e montar o controle ou algoritmo desejado;
- IV. Área de execução, onde o MPA faz o link com o servidor e pode controlar aspectos do servidor diretamente pelo MPA, como iniciar ou parar um fluxo ou pedir para que o fluxo mande mensagens sobre o que está processando.

Essas 4 abas de interface do MPA podem ser vistas na figura 2. A aba Info (demonstrada nessa figura) possui as informações sobre a pré-configuração que foram programadas em Lua e as outras 2 abas seguintes são as abas de configuração da planta e da geração do algoritmo no fluxograma. A

última aba é a execução, como esclarecido anteriormente, nela faz-se a comunicação com o servidor.



Figura 2: Tela inicial do MPA (Pré-configuração).

A aba da planta possui interface como mostrada na figura 3, onde se pode observar alguns parâmetros dos equipamentos adicionados pelo arquivo de pré-configuração. Como dito anteriormente, essa aba tem como característica a criação de instâncias dos equipamentos com os quais será feita toda a logica gerada na aba de fluxo.

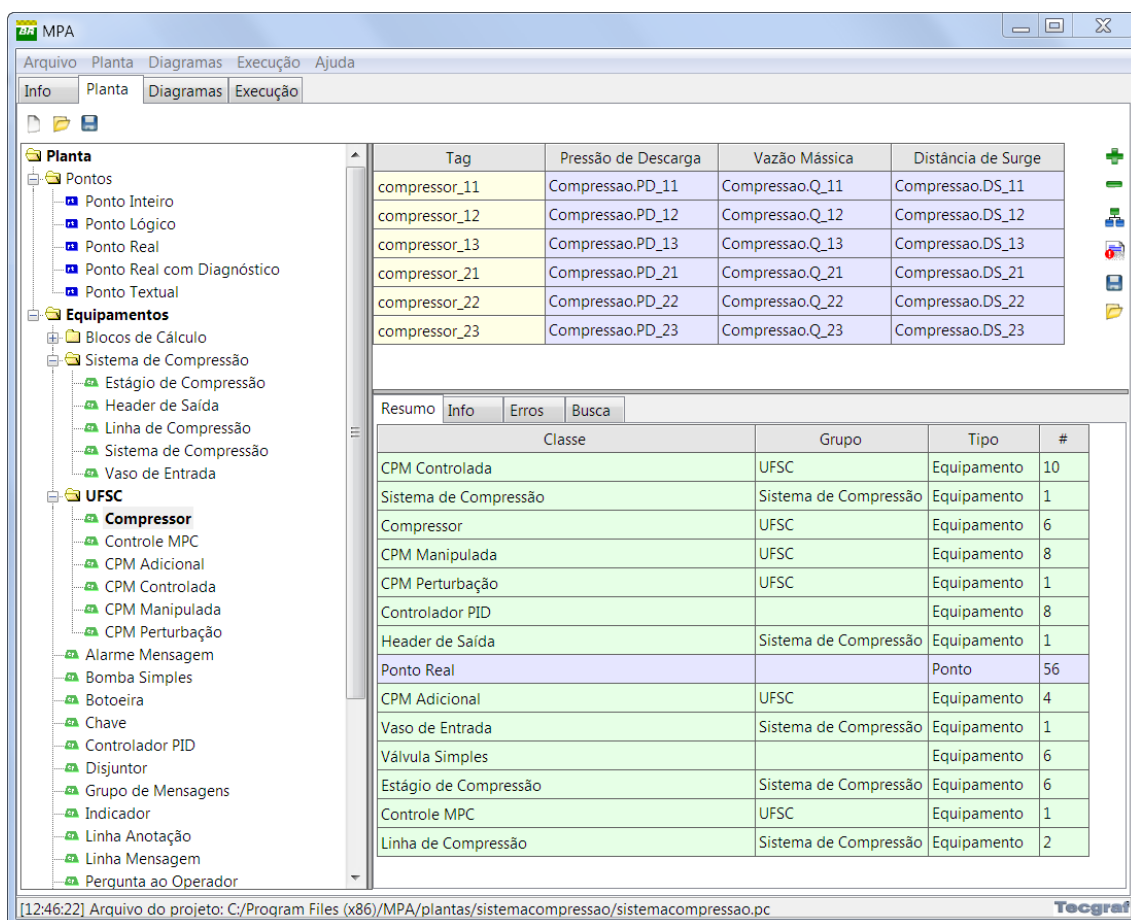


Figura 3: Exemplo de configuração de uma planta no MPA.

Para concluir a apresentação do funcionamento do MPA, é preciso descrever os fluxogramas. Eles são separados em dois tipos, fluxos função e fluxos aplicação. Os fluxos aplicação são a lógica principal a ser executada e funcionam como um arquivo '*main*' da linguagem C, outros fluxos são capazes de iniciar ou parar esse fluxo, mas não conseguem criar novas instâncias. Por outro lado, fluxos-função atuam como funções de uma linguagem de programação, esses conseguem possuir parâmetros de entrada e saída e outros fluxos tem a capacidade de chamar várias instâncias desse fluxo, dentro da lógica principal.

Além do funcionamento do MPA em si, precisa-se da comunicação do MPA com os outros sistemas. Para isso, utiliza-se a aba de execução, que faz a comunicação através de um servidor da lógica interna com outros servidores externos ao MPA. Essa aba tem interface como mostrada na Figura 4.

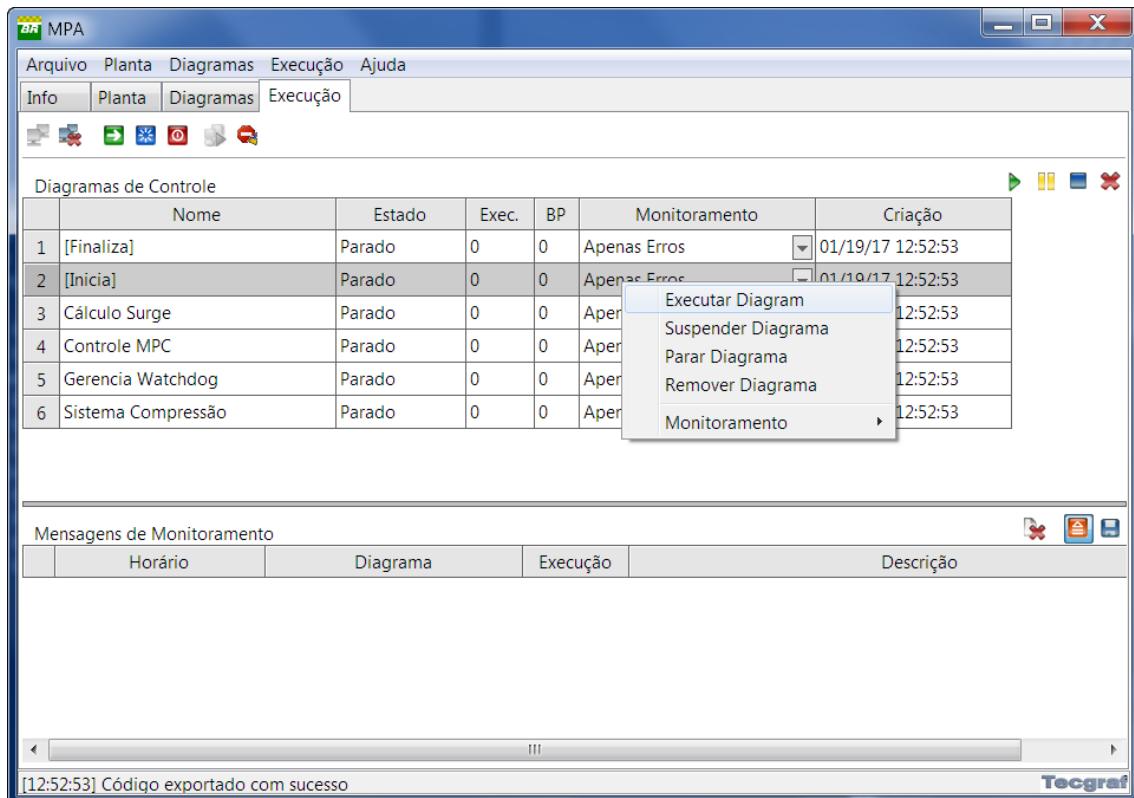


Figura 4: MPA interface de execução.

Nessa aba, pode-se conectar ou cancelar uma conexão do MPA a um servidor, enviar ou retirar informações de planta e fluxo desse servidor ou, até mesmo, encerrar o servidor que está conectado ao MPA. Abaixo dessas opções, a aba de execução diferencia os fluxogramas de aplicação, que podem ser inicializados, e fluxogramas de função, que precisam ser chamados por outros fluxos durante a execução da lógica. Além dos fluxos, a aba tem a funcionalidade de mostra as mensagens que foram configuradas para serem enviadas pelos fluxos em uma lista.

É importante evidenciar que a comunicação entre o MPA servidor e a interface criada pela ferramenta deste trabalho acontece de maneira semelhante a comunicação entre MPA servidor e um supervisor comercial, através da ponte de comunicação (OPC) diretamente do terminal do servidor MPA.

2.1.1 OLE for Process Control (OPC)

OPC é o padrão de interoperabilidade para a comunicação segura e confiável de dados de automação industrial e de outras indústrias (OPC, 2017). Ele é independente de plataforma e garante o fluxo contínuo de informações entre dispositivos de vários fornecedores.

O padrão OPC representa uma série de especificações desenvolvidas por fornecedores da indústria, usuários finais e desenvolvedores de software. Estas especificações definem o protocolo a ser seguido entre Clientes e Servidores, bem como Servidores e Servidores, incluindo acesso a dados em tempo real, monitorização de alarmes e eventos, acesso a dados históricos e outras aplicações.

Quando o padrão foi lançado pela primeira vez em 1996, sua finalidade era abstrair protocolos específicos do PLC (como Modbus, Profibus, etc.) em uma interface padronizada permitindo que os sistemas IHM e SCADA interconectassem com um intermediário de leitura e gravação em solicitações específicas do dispositivo e vice-versa. O acrônimo OPC foi surgido do OLE (object linking and embedding) para Controle de Processo. Estas especificações têm sido amplamente adotadas em várias indústrias, incluindo automação, fabricação de edifícios, petróleo e gás, energia renovável e utilidades, entre outras.

Na ferramenta deste trabalho, o padrão OPC é de fundamental importância para a comunicação de forma confiável, rápida e eficiente entre as diversas partes que a compõem.

2.2 Linguagem LUA

Lua é uma linguagem de programação script de multiparadigma, pequena, reflexiva e leve. Ela pode ser utilizada para complementar, ou aprimorar, as funcionalidades de uma aplicação de modo simples e eficaz. Esta linguagem cujo emprego em inúmeros tipos de aplicação tem crescido de maneira acelerada, desde grandes aplicações para desktops até softwares embarcados.

Atualmente Lua é a linguagem mais utilizada para scripting em jogos, sendo também encontrada no Ginga (Sistema Brasileiro de Televisão Digital), e ainda faz parte de sistemas de segurança, como a ferramenta Wireshark e nmap.

A linguagem Lua possui muitas características interessantes em diversos pontos de vista. Entre elas podemos citar, de acordo com (Lua, 2017) e (Ierusalimschy, 2003):

- Robustez: Lua foi lançada em 1993, possui um extenso manual de referência, e é utilizada em diversas aplicações industriais e de larga escala, que confiam na sua robustez e estabilidade;
- Velocidade: Lua tem uma merecida reputação de apresentar bom desempenho. Lua é marca de referência como a linguagem mais rápida entre as linguagens de script interpretadas;
- Portabilidade: Lua é distribuída em um pacote que pode ser compilado e executado em qualquer sistema que tenha um compilador C padrão. Ela pode ser utilizada em Unix, Windows, dispositivos móveis (rodando sistemas Android, iOS, BREW, Symbian, Windows Phone), microprocessadores embarcados, mainframes IBM, etc.;
- Open-Source: Lua é um software livre distribuído sob a licença do (MIT,2017), e sob seus termos pode ser usada para qualquer propósito, seja ele comercial ou não, sem custo algum.

Mas acima destas características a linguagem Lua é uma linguagem dinâmica, e como tal possui:

- Interpretação dinâmica: linguagens dinâmicas são capazes de executar trechos de código criados em tempo de execução;
- Tipagem dinâmica forte: Tipagem dinâmicas significa que as verificações de tipo ocorrem em tempo de execução. Isso implica que não existem declarações de tipo dentro do código. Tipagem forte significa que nenhuma operação é aplicada a um tipo incorreto;
- Gerencia automática de memória dinâmica: significa que a linguagem gerencia automaticamente a memória que está em uso pelo programa,

garantindo que não haja desperdícios de memória ou descontinuidades, sem a necessidade de interferência do desenvolvedor;

A linguagem Lua foi a escolhida para realizar a ferramenta proposta neste trabalho, e do desenvolvimento do MPA, em virtudes das características citadas.

2.3 Sistemas de supervisão

Um sistema de supervisão é formado por terminais remotos que coletam dados de campo e transmitem esses dados a uma estação principal por meio de um sistema de comunicação. A estação principal exibe os dados adquiridos e também permite que o operador execute tarefas de controle remoto (BAILEY, 2003, p 12).

No começo de sua utilização (e ainda encontrados hoje em algumas indústrias), os primeiros sistemas de supervisão eram formados por painéis nos quais as informações eram exibidas por um conjunto de lâmpadas e levadas até o referido painel por uma enorme quantidade de cabos de dados. Todo este equipamento não tinha um bom nível de confiabilidade, pois eram frequentemente encontrados vários problemas no sistema de comunicação.

Hoje, o uso de sistemas de supervisão ou sistemas supervisórios está presente em diversas aplicações industriais e os conhecimentos por parte dos profissionais dessa. Os sistemas atuais de supervisão utilizam técnicas computacionais que permitiram a correção dos eventuais problemas do passado. Juntamente com os sistemas supervisórios, os sistemas de comunicação acompanharam esta evolução de forma que, hoje, facilmente são encontrados sistemas com altíssimos graus de confiança.

O software supervisório é visto como o conjunto de programas gerados e configurados no software básico de supervisão, implementando as estratégias de controle e supervisão com telas gráficas de interfaces homem-máquina (IHM) que facilitam a visualização do contexto atual, a aquisição e tratamento de dados do processo e gerência de relatório e alarmes. A aplicação de supervisão, a rede industrial, o protocolo de comunicação, fazem parte do sistema de supervisão.

3 APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA PROPOSTA

Este capítulo tem como finalidade apresentar em detalhes a ferramenta proposta. Num primeiro momento é feita a apresentação em relação à sua visão operacional. Posteriormente é apresentada uma perspectiva dos seus futuros usuários da mesma.

Com a ferramenta proposta é possível ao usuário criar e salvar um conjunto de telas de supervisão para serem usadas em projetos de controle desenvolvidos com o MPA. Cabe ao usuário abrir um ou mais arquivos de configurações do MPA, com as instâncias das estruturas pré-configuradas (equipamentos e Tags do servidor OPC). Tais informações são dispostas em uma estrutura de árvore, onde é possível selecionar um conjunto de variáveis de interesse e então controlar a disposição das mesmas em uma ou mais matrizes de acompanhamento de variáveis ou também em um ou mais gráficos.

De uma maneira simplificada, a ferramenta pode ser vista como tendo dois módulos. O primeiro módulo é responsável pelo desenvolvimento e manutenção das telas projetadas. Já o segundo módulo é responsável por executar a supervisão de modo propriamente dito.

As telas de supervisão geradas através da ferramenta proposta permitem ao usuário monitorar e operar partes ou todo um processo aplicado no MPA. São oferecidas duas maneiras distintas de visualizar as variáveis utilizadas nos controles avançados do MPA. A primeira é através de quadros de acompanhamento de variáveis de maneira separa ou associada a outros recursos de visualização e manipulação de variáveis como CheckBox, Controle de valor e Esquemático de porcentagem. Já a segunda de dá através de gráficos produzidos em tempo real, os quais ajudam o usuário a avaliar de modo rápido valores de variáveis e suas mudanças ao longo do tempo.

3.1 Funcionamento interno da ferramenta

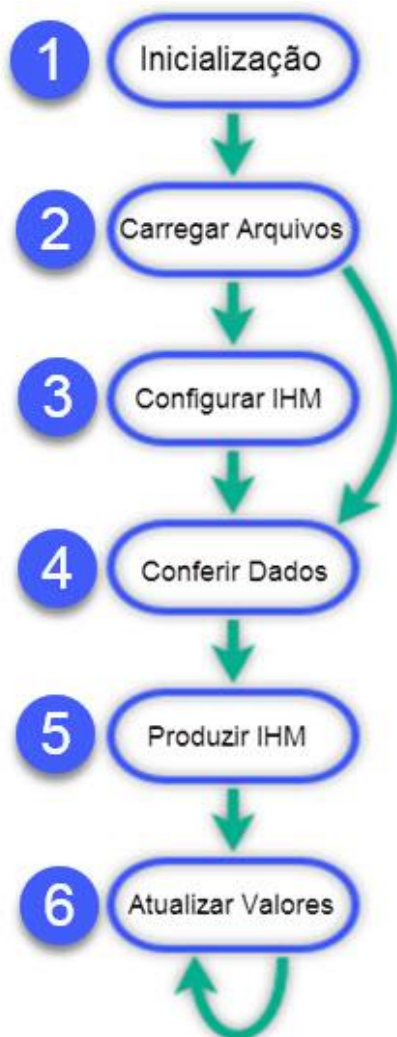


Figura 5 – Diagrama funcionamento sequencial da ferramenta.

A ferramenta funciona de forma sequencial, como pode ser observado pelo diagrama da figura 5. O primeiro passo da execução é responsável por realizar a conexão com o servidor de execução do MPA, inicializar todas as variáveis e itens de interface utilizados na ferramenta e gerar a tela do menu inicial, a qual pode ser visualizado na figura 6.

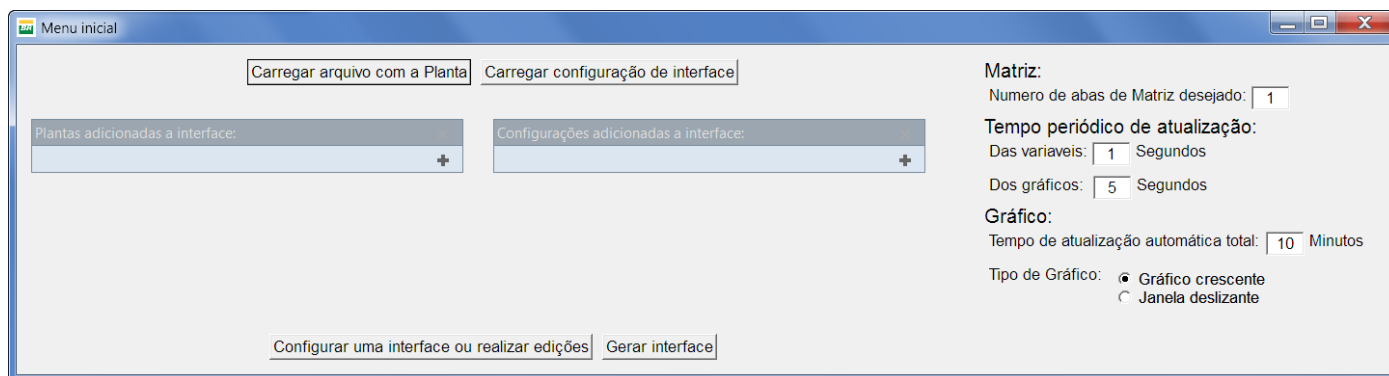


Figura 6 – Tela do Menu inicial.

O segundo passo da execução ocorre após o usuário ter adicionado os arquivos com as plantas ou configurações desejadas e então decidir gerar uma interface diretamente ou editar os arquivos carregados. Este módulo é responsável por carregar, organizar e identificar as variáveis, tags e demais informações contidas nos arquivos de planta e configurações. As informações contidas nos arquivos de plantas são salvas em ordem alfabética na forma de árvore, onde as tags das variáveis são inseridas nas folhas desta árvore, um exemplo da disposição destas informações podem ser observado pela figura 7. Os arquivos de configurações são salvos em duas listas, uma para as matrizes de acompanhamento de variáveis e outra para os gráficos.

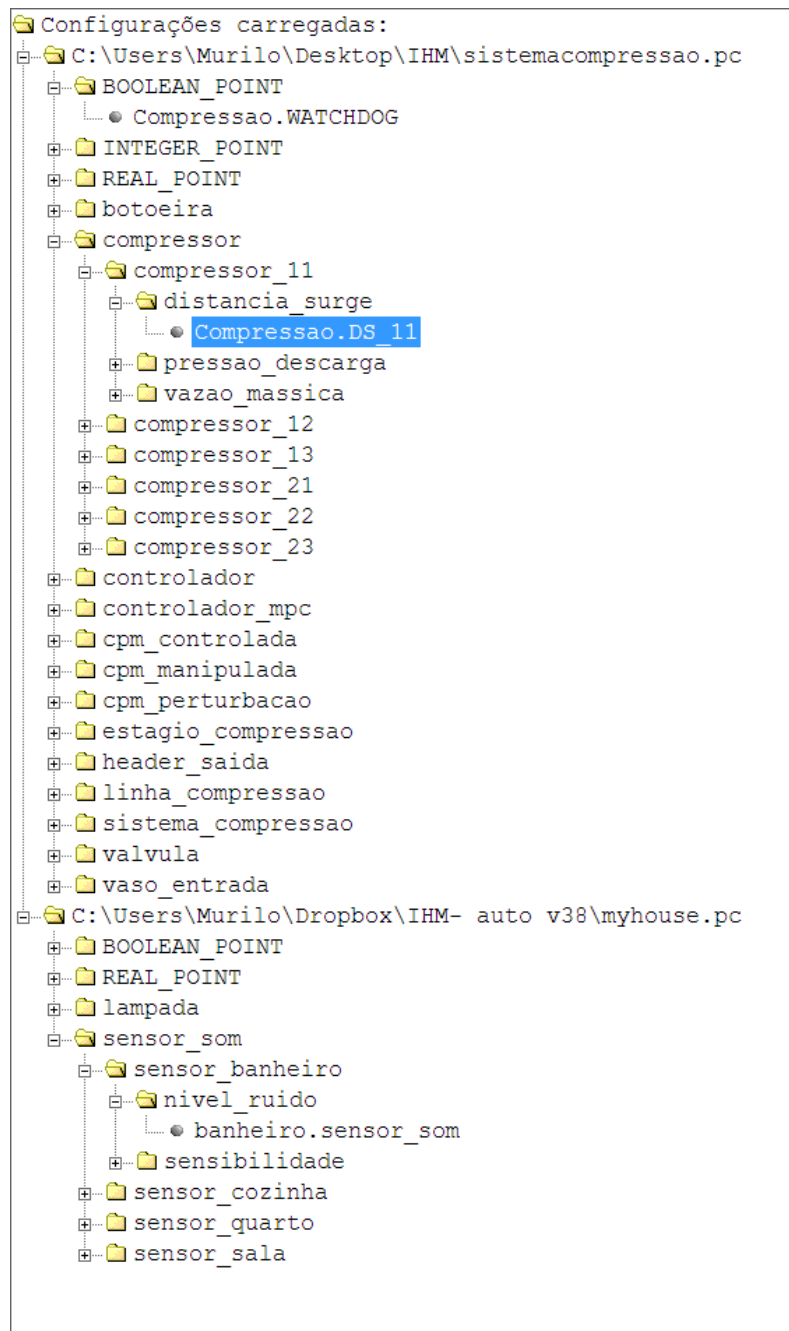


Figura 7 – Árvore exemplo com todas as Plantas carregadas.

O terceiro passo da execução ocorre somente se o usuário desejar criar uma nova interface ou realizar modificações em uma interface carregada. Caso o usuário escolha criar uma interface diretamente com as configurações carregadas anteriormente, então esse modulo não será executado.

Essa etapa apresentada é responsável por gerar e coordenar a tela de configuração de interface (Figura 8), a qual inclui a estrutura de árvore com as informações das plantas, as abas com as matrizes de acompanhamento de variáveis, a lista com as abas e as variáveis de gráfico. É dever deste modulo

ser capaz de realizar as funcionalidades de adicionar, mover ou excluir abas, variáveis e legendas das variáveis das matrizes de acompanhamento e dos gráficos. Assim como disponibilizar a criação de um arquivo contendo todas as configurações realizadas pelo usuário e necessárias para recriar a interface outras vezes.

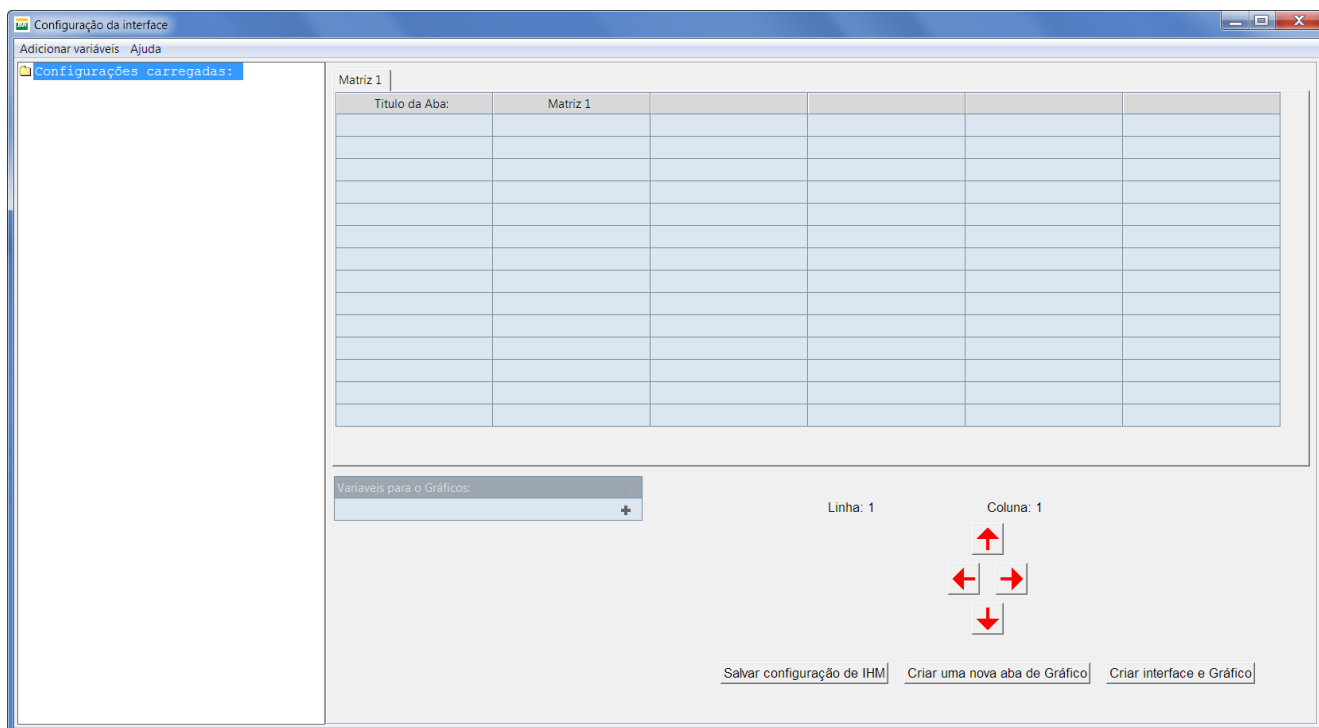


Figura 8 – Tela de Configuração da interface.

O quarto passo da execução ocorre após o usuário decidir gerar uma interface independentemente da sua origem ser da tela do Menu inicial (através do botão “gerar Interface” na Figura 6) ou da tela de Configuração de interface (através do botão “Criar interface” na Figura 8). Essa etapa é responsável conferir se as listas de armazenamento para as matrizes de acompanhamento de variáveis e para os gráficos estão adequadas e compatíveis para o módulo de geração da interface desejada.

O quinto passo da execução ocorre após a execução sem erros do quarto passo de execução. Essa etapa é responsável produzir a interface configurada anteriormente pela ferramenta. Nas matrizes de acompanhamento de variáveis verifica-se em cada linha das matrizes lugares que estão vazios, nestes lugares são inseridos espaços proporcionais, com o intuito de possibilitar um alinhamento entre os blocos de acompanhamento de variáveis.

As abas de gráficos são criadas juntamente com os gráficos e as legendas configuradas. Todavia as interrupções que realizam a atualização periódica dos valores utilizados nas matrizes e nos gráficos são habilitadas somente no próximo módulo.

O sexto e último módulo ocorre após a execução sem erros do quinto módulo. A ferramenta permanece neste módulo até o fim de sua execução. Este módulo é responsável por atualizar os valores da interface gerada anteriormente pela ferramenta e por modificar estes valores nas matrizes e plotar somente o gráfico que esta sendo exibido para o usuário, estas atualizações do gráfico acontece automaticamente até atingir o tempo total definido. Os gráficos foram desenvolvidos desta maneira com o intuito de minimizar o custo computacional necessário para atualizar os gráficos.

3.2 Funcionalidades aos usuários

Nesta seção seguinte será abordado o funcionamento da ferramenta frente aos usuários, sendo que no Apêndice A se apresenta um manual técnico minucioso sobre a ferramenta.

3.2.1 Menu Inicial

Ao inicializar a ferramenta a primeira tela que surge representa a tela do Menu Inicial, a qual permite carregar na ferramenta um ou mais arquivos de configuração do sistema MPA, os quais contem a definição das características de cada equipamento utilizado e seus respectivos pontos de controle, como pode ser ilustrado pelo segundo item da figura 5.

Da mesma forma é possível carregar na ferramenta uma ou mais arquivos de configuração de interfaces gerados anteriormente através da própria ferramenta. Como os arquivos de configuração de interface já contem os endereços dos arquivos de configuração do sistema MPA, conseqüentemente os arquivos plantas vão ser carregados automaticamente ao “quadro das Plantas” adicionadas à interface.

Também é possível definir um conjunto de propriedades desejadas pela interface que vai ser gerada como:

- O Número de abas de Matriz: Define o número de abas de matrizes que vai ser criado para a realização dos quadros de acompanhamento de variáveis na interface, caso algum arquivo de configuração de interface seja adicionado o número máximo de abas contido no arquivo ou definido pelo usuário na tela do Menu Inicial será o número de abas da interface atual.
- Tempo (período) de atualização das variáveis: Define o tempo que a interface gerada vai realizar a atualização periódica dos valores das matrizes de acompanhamento e dos valores utilizados nos gráficos.
- Tempo (período) de atualização dos gráficos: Define o tempo em segundos inteiros que a interface vai levar para realizar a atualização periódica dos gráficos.
- Tempo de atualização automática: Define o tempo que o gráfico vai ser atualizado de maneira automática. Após esse tempo é necessário realizar uma transição entre abas de gráfico para poder atualizá-los.
- Tipo de gráfico: Define o tipo de gráfico que será gerado pela interface, sendo que o usuário tem duas opções:
 - Gráfico crescente: Vai ser criado um gráfico que aumenta conforme o passar do tempo, por consequência a escala do eixo x cresce.
 - Janela deslizante: Vai ser criado um gráfico com uma janela fixa, a qual vai se mover conforme o tempo passa e, por consequência, a escala do eixo x do gráfico continua a mesma durante toda aplicação. O tamanho da janela pode ser definido pelo usuário, em segundos.

Após a adição dos arquivos com as plantas e/ou dos arquivos com as configurações de interface, e de definir o conjunto de propriedades da interface desejado. O usuário pode escolher gerar uma interface automaticamente ou então ir para a tela de configuração de interface, com o intuito de criar uma nova interface ou realizar modificações em uma interface carregada.

3.2.2 Configuração da interface

A tela de configuração de interface tem o propósito de possibilitar ao usuário da ferramenta configurar e depois salvar uma configuração da interface desejada. Isso é feito através da adição das variáveis em matrizes de acompanhamento e também na lista de variáveis para o gráfico.

No canto esquerdo (Figura 8) encontra-se uma árvore com todas as Plantas carregadas, onde a pasta raiz de cada planta carregada tem como nome o endereço do arquivo no computador do usuário. Esta árvore pode ser expandida ou colapsada, para mostrar diferentes níveis de detalhes da planta, conforme pode ser observado na figura 7 com um exemplo de uma planta carregada.

No canto superior direito encontram-se as abas das matrizes de acompanhamento de variáveis. Dentro de cada aba existe uma matriz com 6 colunas e 15 linhas, onde a primeira linha serve para determinar o título da respectiva matriz na interface.

Ao usuário é possível salvar uma configuração de interface concebida. Portanto, a ferramenta deve ter a capacidade de gerar um arquivo com todos os ajustes e definições realizados pelo usuário e necessários para recriar a interface outras vezes.

3.1.2.1 Adicionar uma Variável na configuração da interface

É possível adicionar qualquer variável e também sua Tag OPC, contidas no último nível da árvore, nas matrizes de acompanhamento de variável. Também se pode modificar a legenda da variável e acordo com a necessidade do usuário. Finalmente é possível mudar o tipo da Tag da variável, podendo-se escolher para tanto entre: numérico, booleano ou textual.

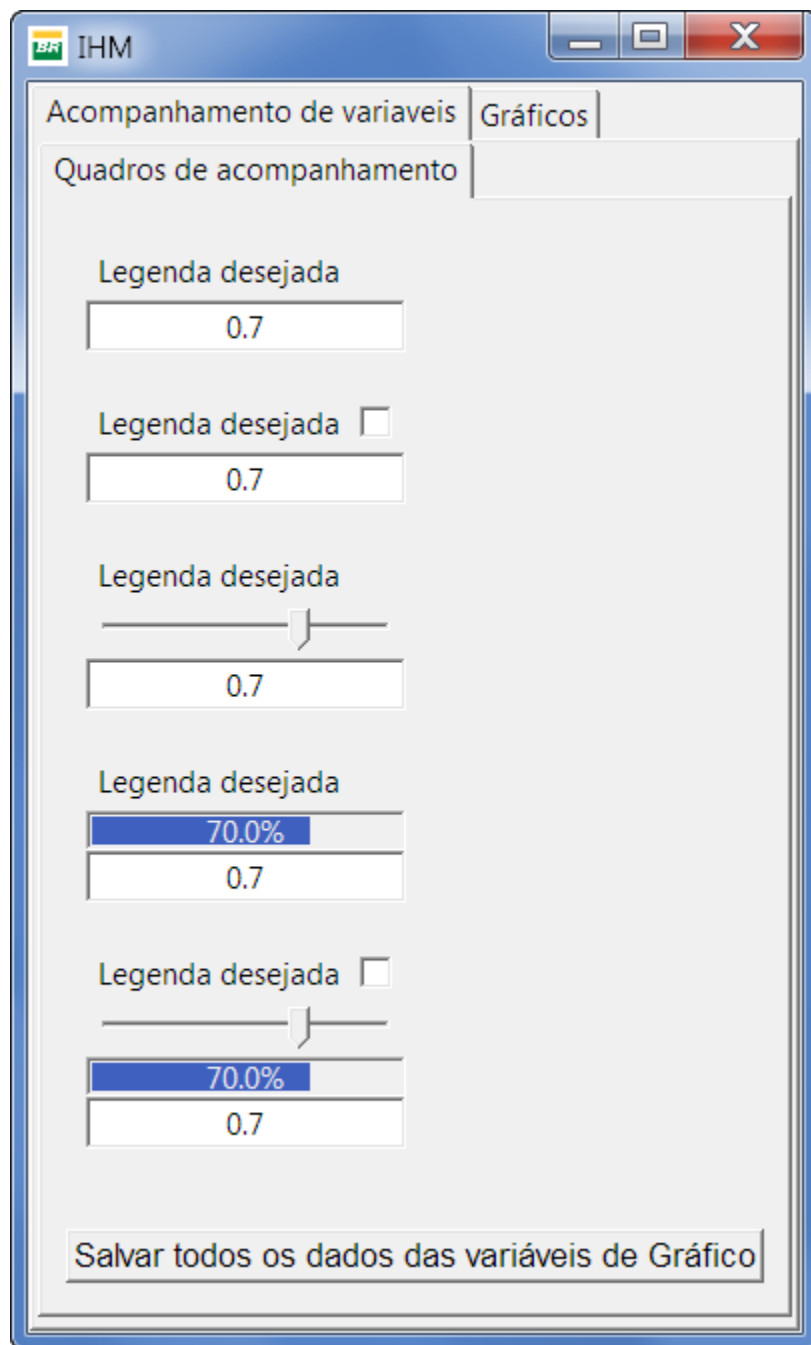


Figura 9 – Quadros padrões de acompanhamento com outros recursos.

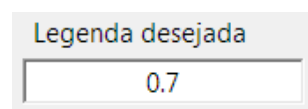


Figura 10 – Quadro padrão de acompanhamento com a legenda desejada.

Além do quadro padrão de acompanhamento e da legenda da Variável (Figura 9), é possível adicionar outros recursos de visualização e manipulação de variáveis de maneira separada ou associada (Figura 10).

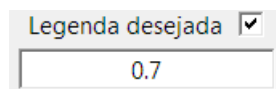


Figura 11 – Quadro de acompanhamento com checkbox.

Também é possível adicionar um checkbox (Figura 11) que, quando selecionado, modifica o valor da variável configurada para o valor On ou Off dependendo do estado ativo. Este recurso pode ser muito útil com a utilização de variáveis booleanas ou numéricas que admitem somente dois valores.

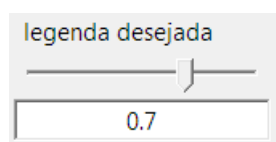


Figura 12 – Quadro de acompanhamento com controle de valor.

Outra possibilidade é adicionar um controle de valor (Figura 12), o qual pode indicar ou modificar o valor da variável configurada para qualquer valor dentro da faixa delimitada (máximo e mínimo configurados). Este recurso pode ser muito vantajoso para realizar a edição de valores das variáveis de maneira menos abrupta ou de uma maneira mais fácil que a inserção de valores numéricos no quadro padrão de acompanhamento.

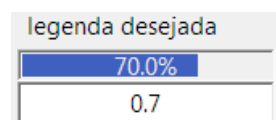


Figura 13 – Quadro de acompanhamento com esquemático de porcentagem.

Por último é possível adicionar um esquemático de porcentagem (Figura 13). Da mesma maneira que o controle de valor, este recurso mostra um valor percentual entre o intervalo máximo e mínimo da variável escolhida.

Este recurso pode ser muito vantajoso para o usuário visualizar e ser informado de maneira eficiente sobre valor das variáveis.

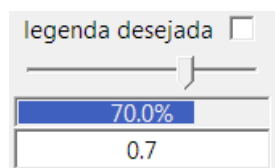


Figura 14 – Quadro de acompanhamento completo.

Com uma variável já adicionada existe a possibilidade de mover o seu local na matriz, modificar o seu nome de legenda e, caso desejado, excluir esta variável da interface.

3.1.2.2 Adicionar uma Variável no gráfico

Através da ferramenta proposta é possível adicionar qualquer variável e sua respectiva Tag OPC, contidas no último nível da árvore ou de uma matriz de acompanhamento de variável, nos gráfico online de variável. A adição de Variável no gráfico sempre acontece na ultima aba de gráfico aberta, como uma pilha, contudo é possível criar novas abas de gráfico quando o usuário considerar adequado.

Também é possível editar a legenda no gráfico da Variável para qualquer conjunto de palavras que o usuário jogar apropriada. É possível também mudar a cor da linha do gráfico e o tipo de linha que os valores da Variável terão no gráfico (opções Contínua, contínua marcada, Tracejada, Pontilhada, Com Traço e ponto e Com traço, ponto e ponto). Na linha marcada é possível escolher entre: +, *, O, X, □ e ♦ (Figura 15).

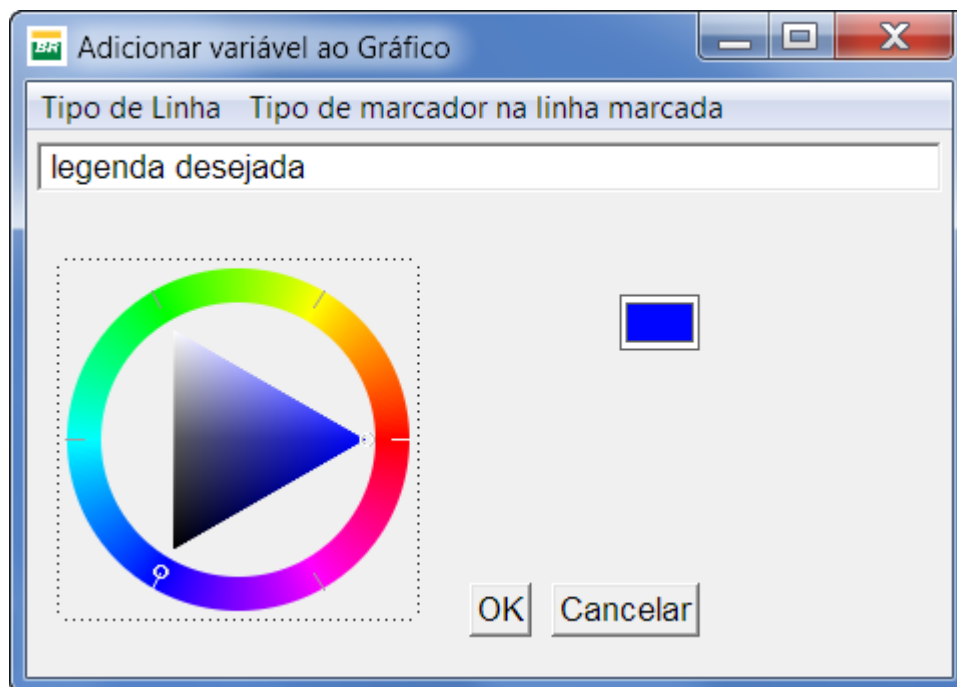


Figura 15 – Tela de adição de uma Variável em um gráfico.

Com uma variável já adicionada pode se modificar o seu nome na legenda e, caso desejado, excluir esta variável do gráfico da interface gerada.

3.2.3 Interface Produzida

Na tela da interface criada automaticamente pela ferramenta existem duas abas principais: A aba de acompanhamento de variáveis e a aba de Gráficos. Na primeira aba da aba principal de acompanhamento de variáveis, além de conter as variáveis desejadas, existe a opção de logar todos os dados das variáveis de gráfico, gerando-se um arquivo com todos os valores das variáveis que foram adicionadas nas abas de gráfico, no período de tempo escolhido para a atualização de variáveis.

Em todas as abas contidas na aba principal de acompanhamento de variáveis é possível obter a Tag de cada Variável no quadro de acompanhamento. Também é aceitável realizar modificações nos valores apresentados pelos quadros, através da própria edição nos quadros principais

ou utilizando diretamente o Controle de valor e CheckBox abordados na seção de Adição de uma Variável na interface. Nas abas de gráfico é possível efetuar uma aproximação de um trecho desejado.

3.2.4 Execução da interface

Sobre a execução da interface criada é importante evidenciar que o tempo de atualização de todas as variáveis utilizadas na interface depende da quantidade de variáveis a serem atualizadas e do tempo ocioso do servidor MPA. E se for definido um período de tempo menor ou igual ao tempo necessário para efetuar a atualização das variáveis, a interface pode apresentar travamentos entre as mudanças das abas ou o servidor MPA pode ser sobrecarregado. Caso isto aconteça, é recomendado aumentar o tempo de atualização das variáveis.

A atualização automática dos gráficos acontece somente quando uma aba de gráfico está sendo exibida aos usuários, e somente o gráfico que está sendo exibido é atualizado, estas atualizações acontecem automaticamente até que o tempo total definido, após este tempo para atualizar qualquer gráfico é necessário somente realizar uma transição entre abas de gráfico. Os gráficos foram desenvolvidos desta maneira com o intuito de minimizar o custo computacional necessário para atualizar os gráficos. Caso o usuário perceba que o gráfico não está sendo atualizado de maneira adequada ou que a interface criada está travando ou mesmo não respondendo da maneira esperada é aconselhado aumentar o tempo de atualização dos gráficos.

4 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.

O modelo de desenvolvimento escolhido para o projeto em questão foi a Prototipação (Sommerville, 2007). Onde é realizado uma sequência de protótipos e validações com o software que esta sendo desenvolvido. Este método consegue realizar um rápido fornecimento do sistema desde o primeiro protótipo e também é possível estabelecer um compromisso do usuário com o sistema.

Inicialmente se desenvolveu um protótipo da ferramenta proposta, onde o orientador deste trabalho e os futuros usuários da ferramenta (colegas do mesmo projeto ou funcionários do CENPES) validavam a parte do sistema desenvolvida, bem como recomendaram novas funcionalidades. Posteriormente foram realizadas novas iterações para o acréscimo de novas funcionalidades, sendo que ao final de cada uma eram realizadas baterias de testes.

4.1: Desenvolvimento do Protótipo Inicial

Inicialmente foi realizado um estudo visando o desenvolvimento de uma interface para o MPA na linguagem Lua especificamente para o projeto de controle da estação de compressão de uma plataforma de petróleo da Petrobrás, sendo composta por uma estação com dois compressores de três estágios cada.

O desenvolvimento desta interface específica teve como objetivo coletar o maior número possível de sugestões para o desenvolvimento da ferramenta proposta. Esta atividade teve também demasiada importância para os estudos das ferramentas computacionais utilizados no desenvolvimento e operação de técnicas de controle avançado e da linguagem Lua e suas diferentes aplicações de suas bibliotecas utilizadas na geração e administração de interfaces.

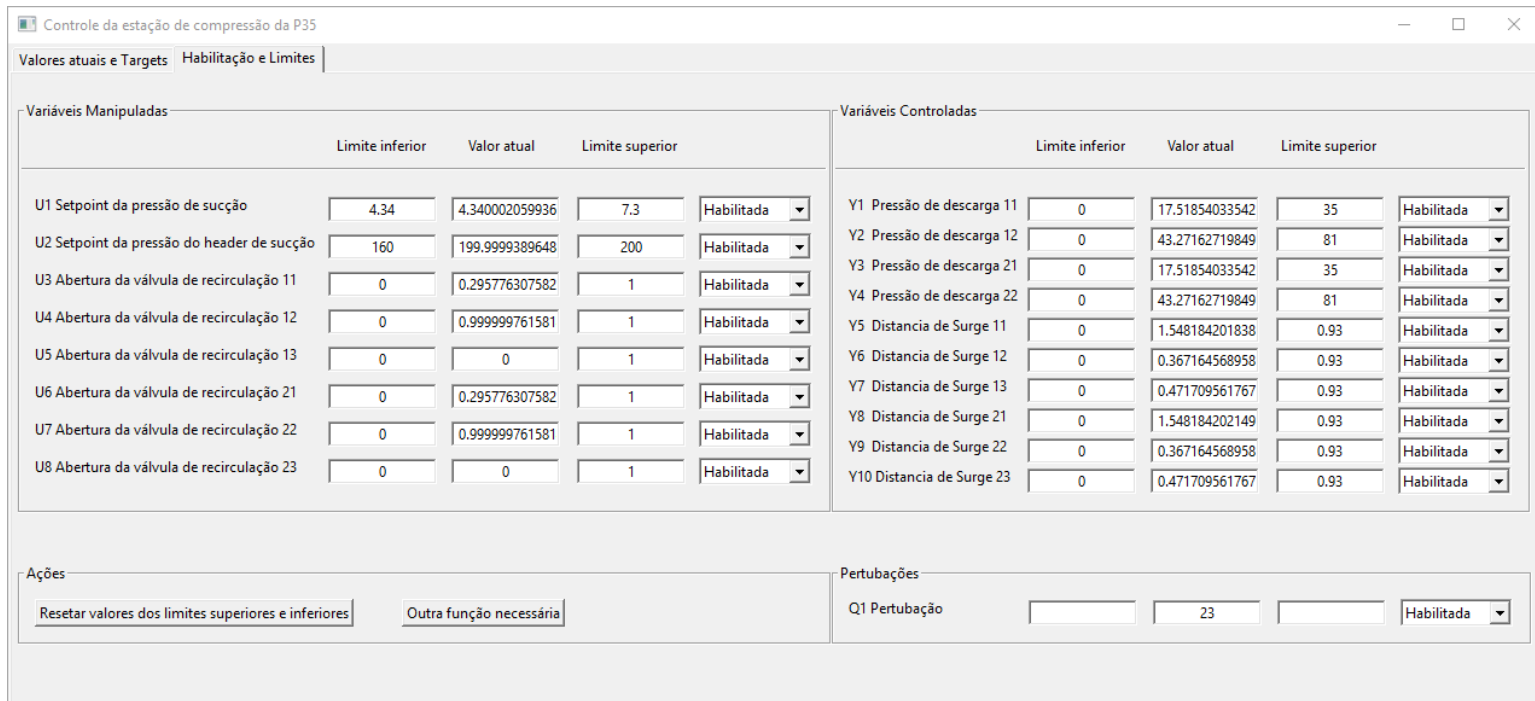


Figura 16 – Tela de Habilitação e Limites das variáveis.

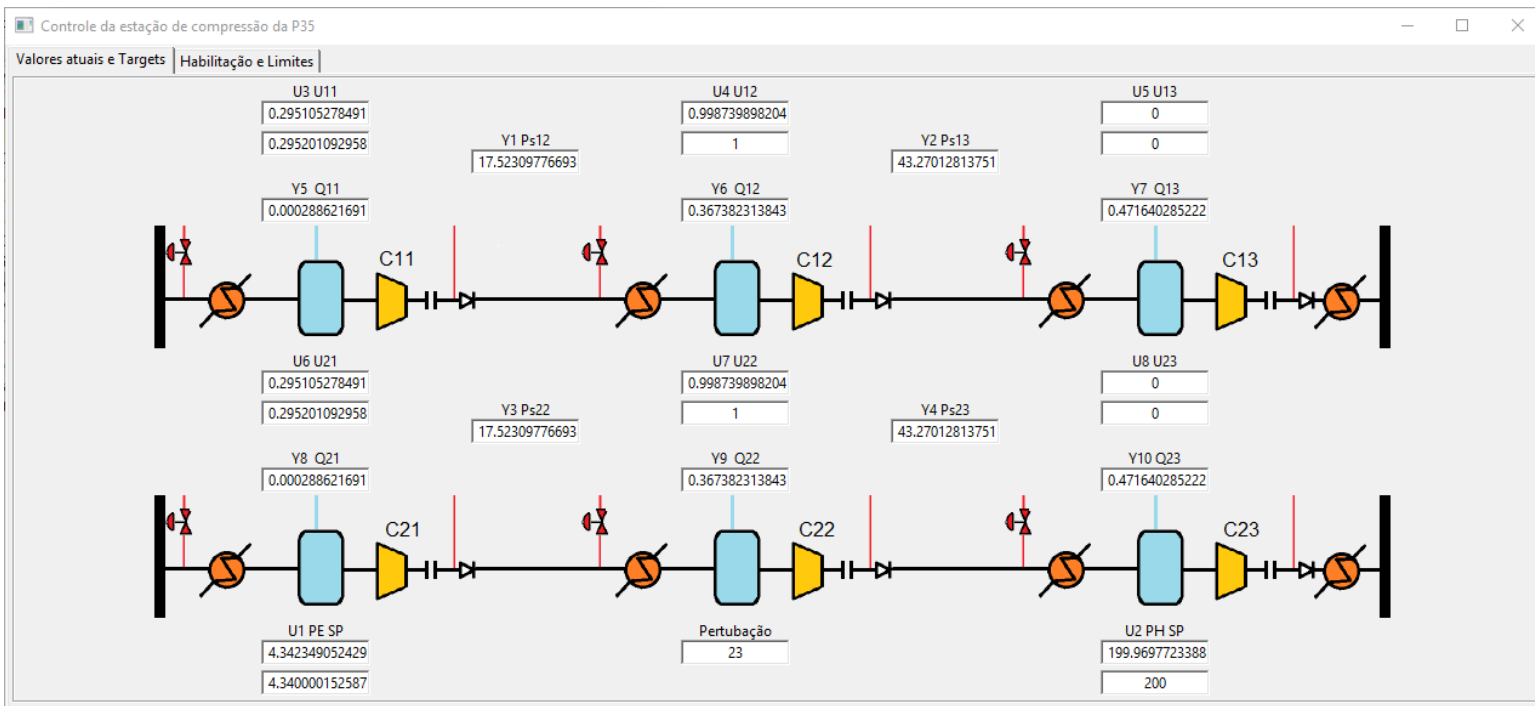


Figura 17 – Tela de Valores atuais e Targets.

A versão final desta interface inclui duas abas, conforme exibido nas figuras 16 e 17. A primeira aba tem como propósito apresentar valores atuais e Setpoints e também permitir a edição de todas as variáveis controladas e manipuladas dos compressores. Esta tela teve a mesma disposição do esquemático da representação do sistema simulado da estação de compressão. Já a segunda aba tem como propósito apresentar e alterar os valores atuais, os limites superiores e inferiores e o estado de todas as variáveis controladas e manipuladas dos compressores com uma disposição organizada em uma ordem numérica em cada categoria de variáveis, o estado das variáveis compreendem os estados habilitada e desabilitada.

Muitos dos códigos desenvolvidos na linguagem Lua para realizar as funcionalidades básicas desta interface foram reutilizados na construção da ferramenta descrita neste trabalho. Tais funcionalidades foram organizadas na forma de funções, sendo as principais delas:

- F1. Conectar com o servidor de execução do MPA e obter o valor das variáveis desejadas.
- F2. A criação de diferentes abas, telas, quadros, botões, listas e títulos.
- F3. O correto alinhamento dos itens de interface, por linhas ou por colunas (Horizontalmente ou verticalmente).
- F4. Inserir e mostrar imagens desejadas.
- F5. Criar os quadros que possibilitam o acompanhamento da variável desejada.
- F6. Realização das legendas dos quadros de acompanhamento de variáveis.
- F7. Imprimir valores de qualquer estrutura de dados desejada.

Cada um destes códigos foi testado separadamente e após a sua união ao código principal da interface, realizaram-se testes de integração e funcional para os elementos da interface e para os outros elementos internos da ferramenta através da utilização de funções capazes de imprimir os valores desejados no terminal da interface.

Com a elaboração desta interface específica uma série de requisitos e sugestões foram coletadas, sendo os requisitos mais relevantes listados a seguir:

- R1. Possibilidade de utilizar um ou mais arquivos de configuração do MPA com as instâncias das estruturas pré-configuradas.
- R2. Possibilidade de criar e modificar uma interface com diversas abas com o intuito de facilitar a visualização dos usuários com as variáveis desejadas e sistematização de projetos complexos. Nestas diversas abas criadas é possível editar os lugares e a disposição dos quadros de acompanhamento de variáveis e o título da aba.
- R3. Possibilidade de criar e modificar uma interface com diversas abas com gráfico com os valores das variáveis desejadas em tempo real, nestas abas com os gráficos pode se editar o seu tipo, cor e tipo de linha.
- R4. Possibilidade de salvar valores anteriores de variáveis desejadas em um arquivo gerado pela interface gerada.
- R5. Possibilidade de salvar e carregar interfaces criadas anteriormente, com o intuito de evitar a reedição de uma nova interface a cada aplicação.

4.2: Segunda Iteração

Com os requisitos determinados (R1 até R5) e após os testes do primeiro protótipo, se considerou o desenvolvimento da ferramenta em uma estrutura de cinco módulos principais, estes módulos e suas respectivas responsabilidades (Figura 18) serão apresentados em detalhes nas subdivisões abaixo.

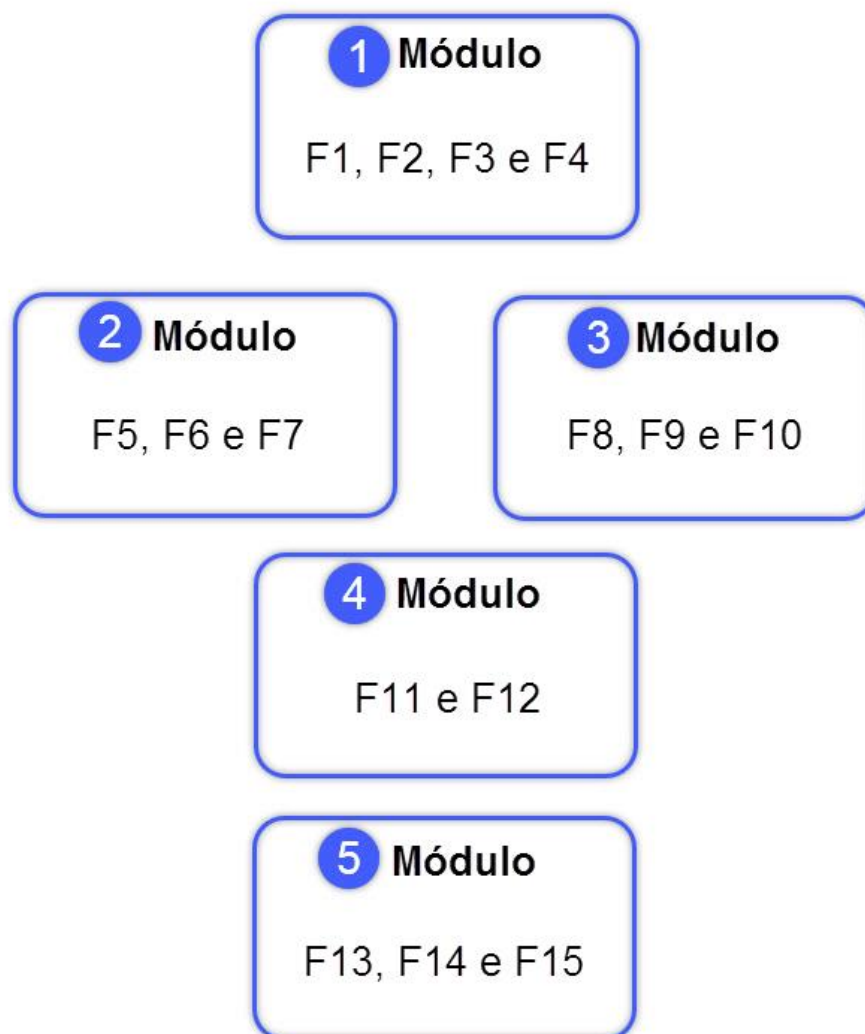


Figura 18 – Divisão dos Módulos e funcionalidades desenvolvidas.

4.2.1 Primeiro módulo

O primeiro módulo foi responsável por carregar, organizar e identificar as tags das variáveis e informações contidas nos arquivos de configuração do MPA com as instâncias das estruturas. As funcionalidades desenvolvidas para este módulo seguem abaixo:

- F1. Salvar endereço do arquivo configuração do MPA.
- F2. Salvar os dados da configuração do MPA em uma estrutura de árvore.
- F3. Organizar de forma alfabética a árvore de forma hierárquica.
- F4. Criar um diagrama de barras da árvore que vai ser visualizada na tela de configuração, identificando as últimas folhas como Tags.

4.2.2 Segundo módulo

Após o desenvolvimento, configuração e teste do primeiro módulo para diversos arquivos de configuração do MPA, o segundo módulo desenvolvido teve por finalidade tornar possível a transferência das Tags das variáveis escolhidas da árvore gráfica para uma matriz escolhida, onde cada célula da matriz representa um espaço na interface desejada. As informações com a célula e número da matriz, nome da legenda e tipo da Tag adicionada são salvas também em uma lista interna da ferramenta. Igualmente, as informações sobre os outros recursos de visualização e manipulação de variáveis caso selecionados:

- CheckBox, com seu valor On e Off como constantes ou valores da Tag selecionada.
- Controle de valor e um visualizador de porcentagem, com seus valores de máximo e mínimo como constantes ou valores da Tag selecionada.

As funcionalidades desenvolvidas para este módulo seguem abaixo:

- F5. Salvar no local da matriz selecionada as informações como nome da legenda e tipo da Tag e as informações sobre os outros recursos variáveis caso selecionados.
- F6. Salvar estas mesmas informações em uma lista interna, que vai ser utilizada pelo quarto módulo.
- F7. Possibilitar a modificação das variáveis na disposição dos quadros e o título da aba nas matrizes de acompanhamento.

Os testes deste módulo foram realizados observando e comparando os valores desejados, da matriz, e da lista interna da ferramenta para diversas configurações.

4.2.3 Terceiro módulo

O terceiro módulo desenvolvido tem a responsabilidade de transferir as Tags das variáveis escolhidas da árvore gráfica ou de uma matriz escolhida para uma lista que representa as linhas de gráfico, onde cada seguimento desta lista representa uma aba de gráfico da interface desejada. As informações como o número e nome da legenda do gráfico, cor, tipo de

tracejado da linha da variável adicionada são salvas também em uma lista interna de gráfico da ferramenta.

As funcionalidades desenvolvidas para este módulo seguem abaixo:

- F8. Salvar em uma lista do gráfico as informações como nome da legenda do gráfico, cor, tipo de tracejado.
- F9. Salvar estas mesmas informações em uma lista interna, que vai ser utilizada pelo quarto módulo.
- F10. Possibilitar a modificação das variáveis nas listas e o título das abas de gráfico de variáveis.

Os testes deste módulo como no módulo anterior, pela semelhança entre as suas funções, foram realizados observando e comparando os valores desejados, da lista da tela de configuração, e da lista interna de gráfico da ferramenta para diversas configurações.

4.2.4 Quarto módulo

O quarto módulo desenvolvido foi incumbido de originar a interface desejada com as informações contidas nas duas listas internas geradas pelos módulos anteriores, empregando as funções já realizadas na interface anteriormente descritas (de i até x), este módulo percorre todas as células de todas as matrizes e compara com as informações da lista interna, caso não exista uma variável adicionada no local um espaço vazio é adicionado, caso contrário um quadro de acompanhamento de variáveis é adicionado. As funcionalidades desenvolvidas para este módulo seguem abaixo:

- F11. Criar as colunas e as linhas das telas de supervisão das abas dos quadros de acompanhamento de variáveis.
- F12. Criar os gráficos e as legendas dos gráficos das telas de supervisão.

Este módulo foi testado semelhantemente aos outros módulos, com a realização de diversas configurações e cenários e se observando o resultado obtido.

4.2.5 Quinto módulo

O quinto módulo desenvolvido foi encarregado de atualizar os valores dos quadros de acompanhamento de variáveis e os gráficos da interface, para

alcançar este objetivo este módulo contem dois temporizadores que acionam periodicamente as funções exigidas para:

- F13. Atualizar os valores de todas as variáveis utilizadas na interface.
- F14. Registrar os valores das variáveis precisos para o gráfico.
- F15. Realizar a geração do arquivo que registra todos os valores passados.

Para os períodos destes temporizadores se escolheu um tempo de 1 segundo para as variáveis e 5 segundos para os gráficos, o motivo da escolha destes tempos se baseou no tempo necessário para realizar as funções acionadas pelos temporizadores, todavia estes tempos pode ser modificados pelo usuário, de preferência aumentando os tempos predefinidos, caso necessário na tela do menu inicial. Este módulo foi testado observando os registros do relógio interno do computador onde a ferramenta foi executada, também se modificou para diversos valores as variáveis utilizadas na interface gerada pela ferramenta e para diversas configurações de utilização do MPA servidor.

4.3: Terceira Iteração

4.3.1 Próximos módulos

Os próximos módulos desenvolvidos nesta interação servem para incorporar funcionalidades e requisitos específicos para facilitar a utilização da ferramenta. Como a concepção do módulo que gera e salva um arquivo com todas as configurações realizadas, bem como o módulo que pode ler, organizar e transmitir estas informações deste arquivo gerado à ferramenta, com o intuito de evitar a reedição de uma nova interface a cada aplicação. Para os testes neste módulo observou-se para diversos cenários se transferência de informações entre a ferramenta para um arquivo e do arquivo para a ferramenta ocorria de forma adequada.

Em seguida se adicionou algumas funções nos módulos anteriores, com o propósito de facilitar operações realizadas pelos usuários, a constar:

- F16. Conseguir mudar de células ou excluir uma variável nas matrizes de acompanhamento de variáveis.
- F17. Ser capaz de excluir uma variável da lista de variáveis nos gráficos.

- F18. Ter o potencial de modificar as legendas de todas variáveis adicionadas a interface, igualmente com os títulos das abas das matrizes de acompanhamento de variáveis e dos gráficos.
- F19. Ilustrar as legendas dos gráficos com as cores e tipo de tracejado escolhidos.
- F20. Conseguir criar o valor solicitado de abas de matrizes de acompanhamento de variáveis e dos gráficos.
- F21. Possibilitar a utilização de diferentes arquivos configuração do MPA com as instâncias das estruturas pré-configuradas e arquivos gerados pela ferramenta com as configurações salvas.
- F22. Possibilitar a adição de variáveis nas matrizes e nos gráficos através de um menu na tela de configuração da interface.
- F23. Disponibilizar ao usuário informações sobre a ferramenta, em um menu ajuda na tela de configuração da interface.

Um dos tópicos que teve uma grande relevância neste módulo, foi a criação dinâmica dos itens que não tem um número definido, como por exemplo o número de matrizes de acompanhamento de variáveis ou o número de gráficos.

4.3.2 Testes

Posteriormente a junção de todas as funções e módulos descritos por este capítulo e dos testes associados a cada implementação, a ferramenta ainda passou por uma sucessão de testes que procuraram identificar eventuais falhas, as quais já se encontram corrigidas.

O código ao final desta interação teve 2850 linhas de código que contém aproximadamente 100 funções que fazem parte dos elementos da interface da própria ferramenta como telas e botões e também das funcionalidades responsáveis por manipular os dados das telas geradas.

5 RESULTADOS

Esta seção apresenta detalhes sobre os resultados que podem ser obtidos com a utilização da ferramenta.

Também é apresentada neste capítulo uma análise sobre os resultados alcançados durante a utilização da ferramenta especificamente no escopo do projeto de controle da estação de compressão de uma plataforma de petróleo da Petrobrás

5.1: Interface de exemplo

Para fins de testes e demonstração, nesta seção apresenta-se a configuração de uma tela de supervisão simples, com o propósito de esclarecer ao leitor as capacidades e características das telas que podem ser geradas pela ferramenta deste trabalho. Na Figura 19 pode ser observado o layout dos quadros de supervisão configurados na ferramenta para a tela desejada. Esta configuração realizada pode ser editada de maneira simples, através da tela de configuração, com legendas e posições que tornem a observação fácil das variáveis utilizadas pelos os usuários da ferramenta. Pode ser ainda observado nas variáveis escolhidas para o gráfico, com as diferentes cores e formatos de linhas desejados para cada valor das variáveis.

É importante enfatizar que o exemplo mostrado nesta seção e suas diversas variações podem ser aplicados a qualquer projeto desenvolvido no MPA, utilizando a ferramenta para a geração de tela de supervisão. Esta flexibilidade e confiabilidade na geração de telas, já foram testadas e aprovadas em diferentes projetos por grande parte dos membros da equipe do projeto de controle avançado para plataformas de produção no Departamento de Automação e Sistemas da UFSC e dos pesquisadores no Centro de Pesquisa da Petrobrás (Cenpes).

Matriz 1		
Titulo da Aba:	Resultados acompanhamento	
Limite Operação Inferior 1	Valor da variável 1	Limite Operação Superior 1
Limite Operação Inferior 2	Valor da variável 2	Limite Operação Superior 2
Limite Operação Inferior 3	Valor da variável 3	Limite Operação Superior 3
Limite Operação Inferior 4	Valor da variável 4	Limite Operação Superior 4
Limite Operação Inferior 5	Valor da variável 5	Limite Operação Superior 5
Limite Operação Inferior 6	Valor da variável 6	Limite Operação Superior 6

Variáveis para o Gráficos:

Resultados Gráfico	✖
Valor da variável 1	■ -- ✖
Valor da variável 2	■ ++ ✖
Valor da variável 3	■ ... ✖
Valor da variável 4	■ - - ✖
Valor da variável 5	■ ... ✖
Valor da variável 6	■ + ✖
Limite Operação Inferior	■ - ✖
Limite Operação Superior	■ - ✖

Figura 19 – Exemplo de configuração de interface.

O resultado desta configuração pode ser observado na figura 20, a aba de acompanhamento de variáveis, a qual foi intitulada “Resultado acompanhamento”. Nesta aba é visível que as variáveis permaneceram alinhadas nos espaços configurados, sendo também possível identificar os quadros padrões de acompanhamento e da legenda da Variável, e outros recursos de visualização e manipulação de variáveis de maneira separada ou associada.

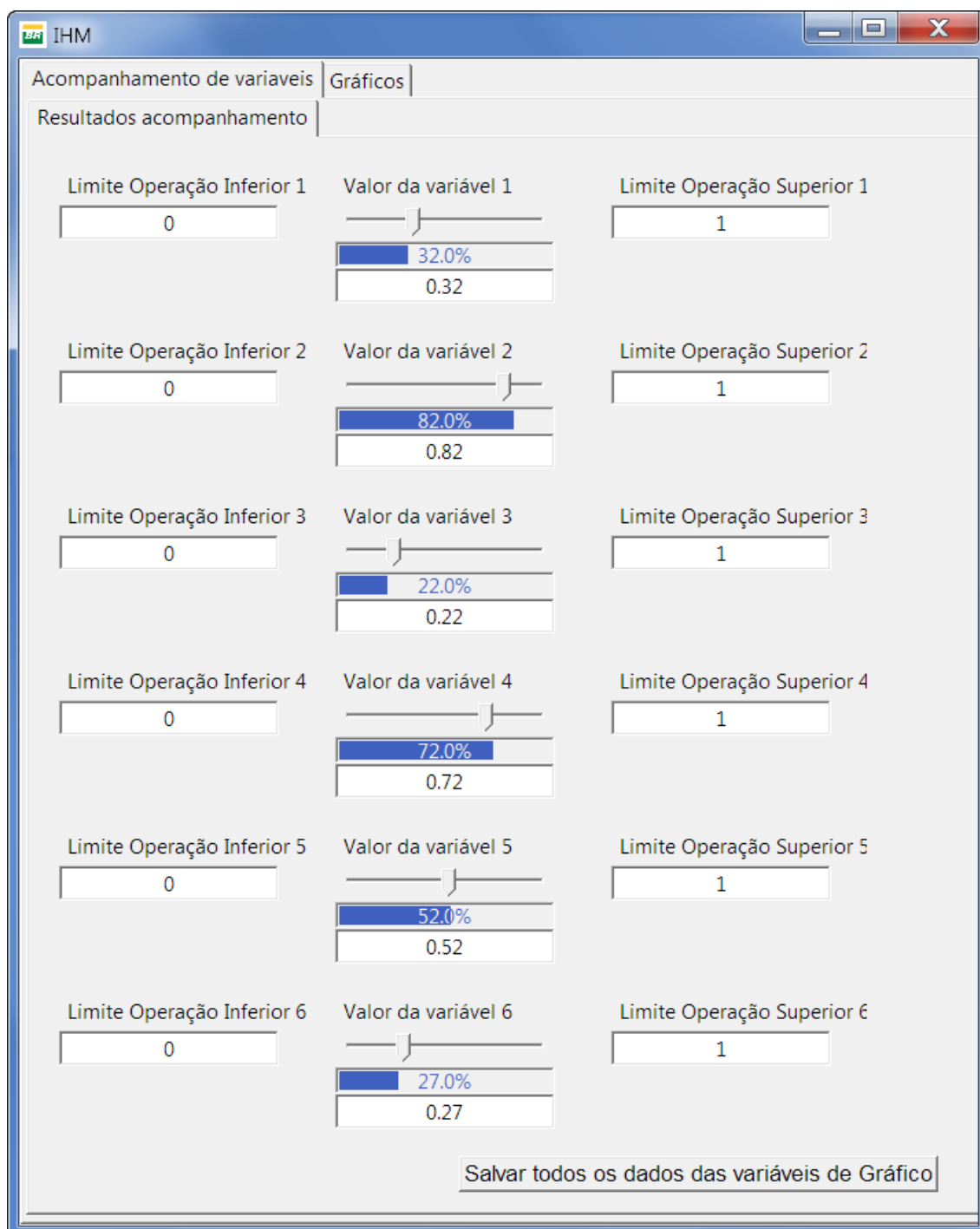


Figura 20 – Aba de Acompanhamento de variáveis do exemplo de interface.

Na aba de Gráficos (Figuras 21 e 22), onde da mesma maneira que a aba anterior existe uma única aba criada com o título “Resultados Gráfico”. Nesta aba é visível um gráfico crescente (Figura 21) e um gráfico com uma janela deslizante de 90 segundos (Figura 22) com as características definidas anteriormente, como tipo e cor das linhas no gráfico e tempo de atualização periódico. Analisando as interfaces realizadas pela ferramenta (Figura 20, 21 e

22) é possível perceber a visualização de diferentes variáveis de diferentes formas em tempo real, deixando explícita a versatilidade da ferramenta proposta, para diferentes aplicações ou circunstâncias.

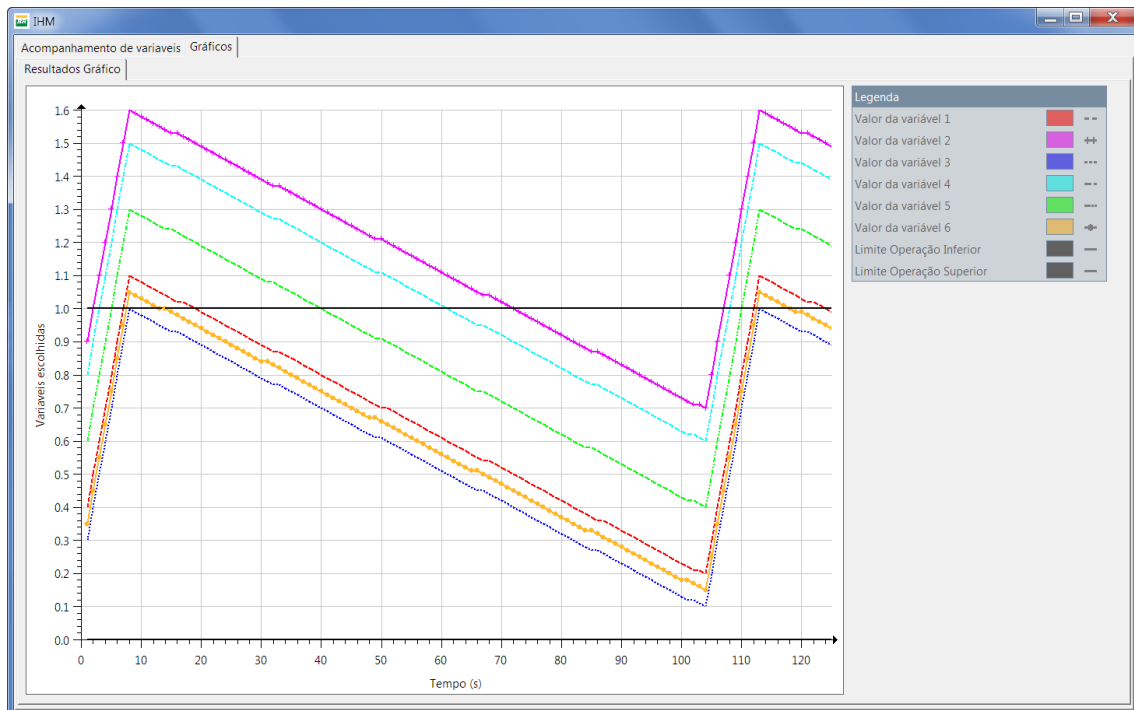


Figura 21 – Aba de Gráficos do exemplo de interface crescente.

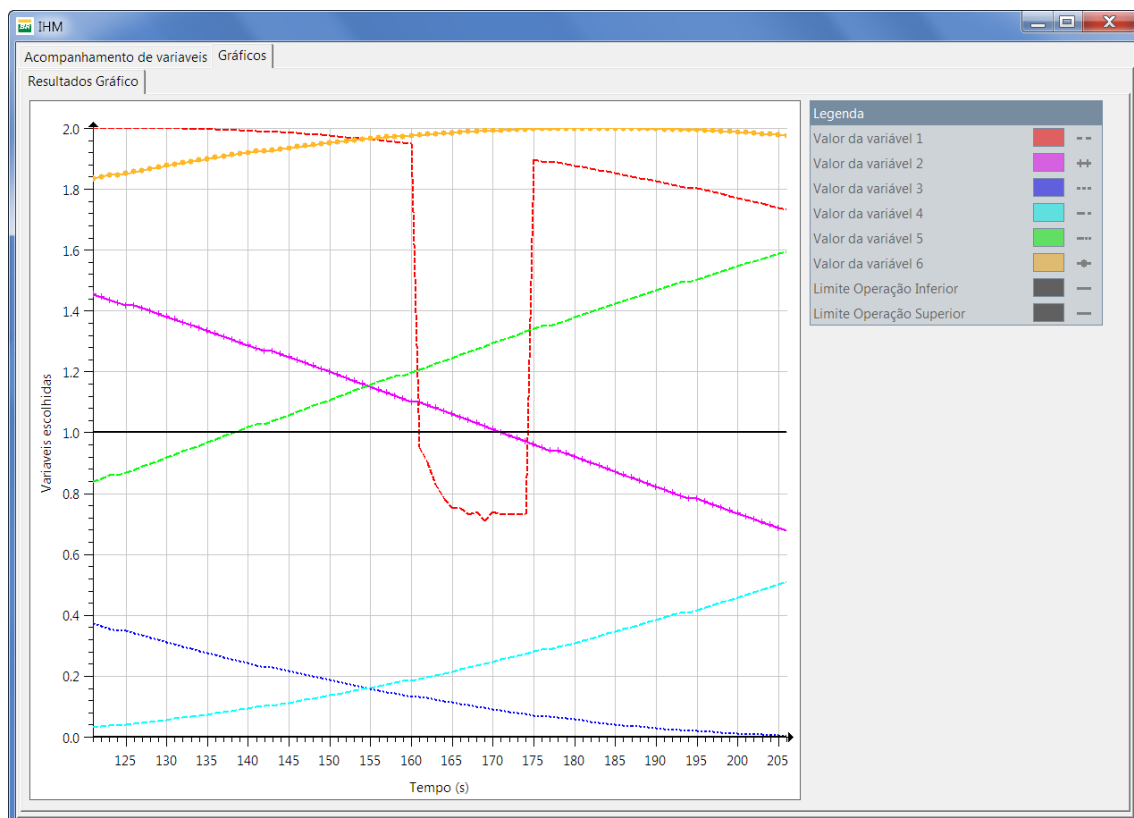


Figura 22 – Aba de Gráficos do exemplo de interface com uma janela deslizante.

5.2: Telas do projeto de Controle de uma estação de compressão

A compressão de gás é parte importante dos sistemas de produção, seja para utilização em sistema de elevação por gas-lift, sistemas de injeção de gás, exportação de gás ou para uso em turbinas geradoras de eletricidade.

A parada de um compressor de gás tem impacto significativo na operação do sistema de produção. Muitos poços produzem com uma taxa maior do que aquela que pode ser comprimida. Logo, uma parte do gás produzido terá de ser enviada para o queimador até uma solução definitiva do problema. Menos gás comprimido significa menos gás para gas-lift e para exportação, além da possibilidade de multas pela agência reguladora devido à queima de gás. Para evitar esses prejuízos, investe-se no aperfeiçoamento dos sistemas de controle aplicados à compressão de gás.

Nesta seção são exibidas as principais configurações de interface utilizadas no projeto específico de controle de uma estação de compressão de plataforma de petróleo da Petrobrás. Estas interfaces tiveram como objetivo auxiliar o trabalho da equipe do projeto do Departamento de Automação e Sistemas da UFSC no desenvolvimento e estudo de estratégias de controle avançado para na estação de compressão.

A estação de compressão em questão tem dois compressores de três estágios cada, controlados por um sistema regulatório e um sistema de controle avançado em cascata.

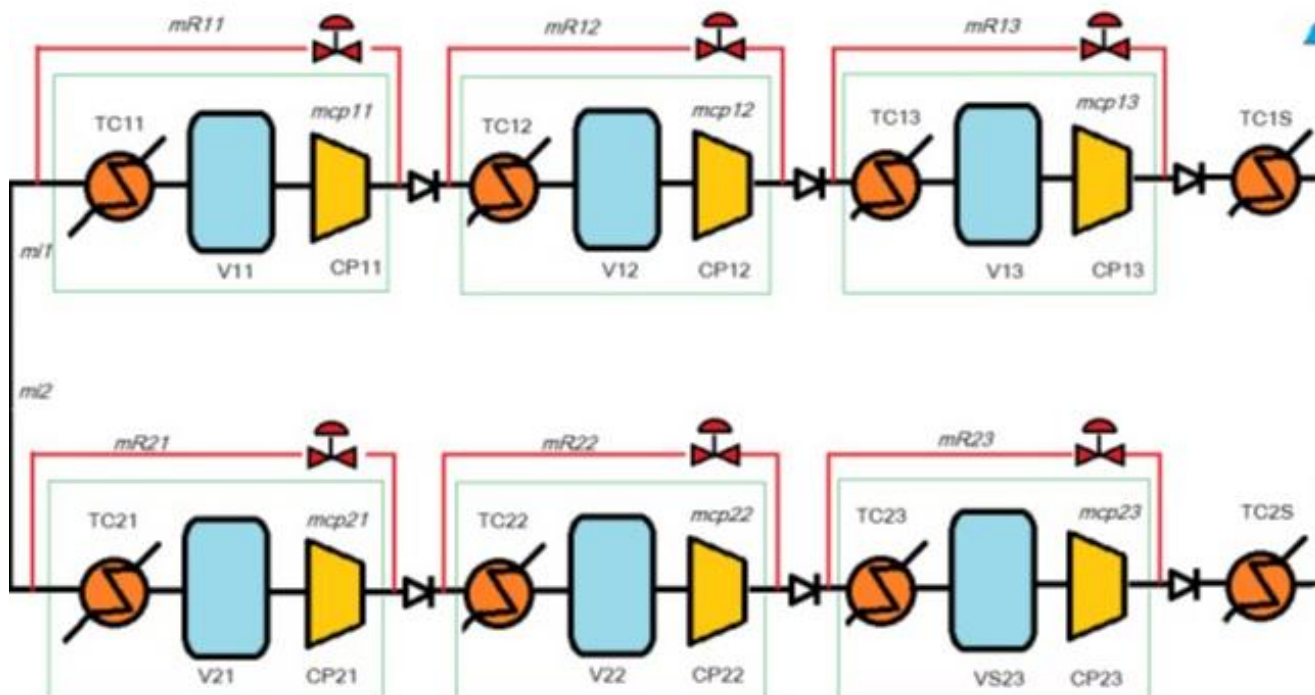


Figura 23 – Representação do sistema simulado da estação de compressão.

A figura 23 mostra a representação do sistema de compressão simulado, onde em laranja e com a inicial TC é representado um Trocador de calor de gás que leva a temperatura do gás de entrada do estágio para um valor desejado. Em azul e com a inicial V é representado um Vaso de pressão (Gas-Scruber). Esse vaso tem uma função de retirar o condensado liberado pelo gás e realiza uma filtragem na pressão sentida pela sucção do compressor. Em amarelo e com a inicial CP é representada a unidade de compressão, esta unidade entrega energia ao gás que entra no compressor. Esta energia se manifesta na mudança de pressão e temperatura do gás na descarga.

As variáveis manipuladas neste processo são as aberturas das válvulas de recirculação dos seis estágios e o Setpoint da pressão de sucção da entrada e do header. As variáveis controladas são as distâncias de Surge dos seis estágios e a pressão de entrada dos quatro primeiros estágios (11, 12, 21 e 22).

As telas de supervisão geradas para este projeto mostram todos os valores das variáveis manipuladas e controladas e também outros valores importantes para o controle como o valor do erro, status e serviço OPC das Tags de cada variável.

Nas figuras 24 e 25 podem ser observadas umas das Abas de acompanhamento de variáveis desenvolvidas. Estas abas diferentes do exemplo anterior já apresentam um grau de complexidade maior, todavia a ferramenta não teve nenhum tipo de problema para a sua execução e manutenção.

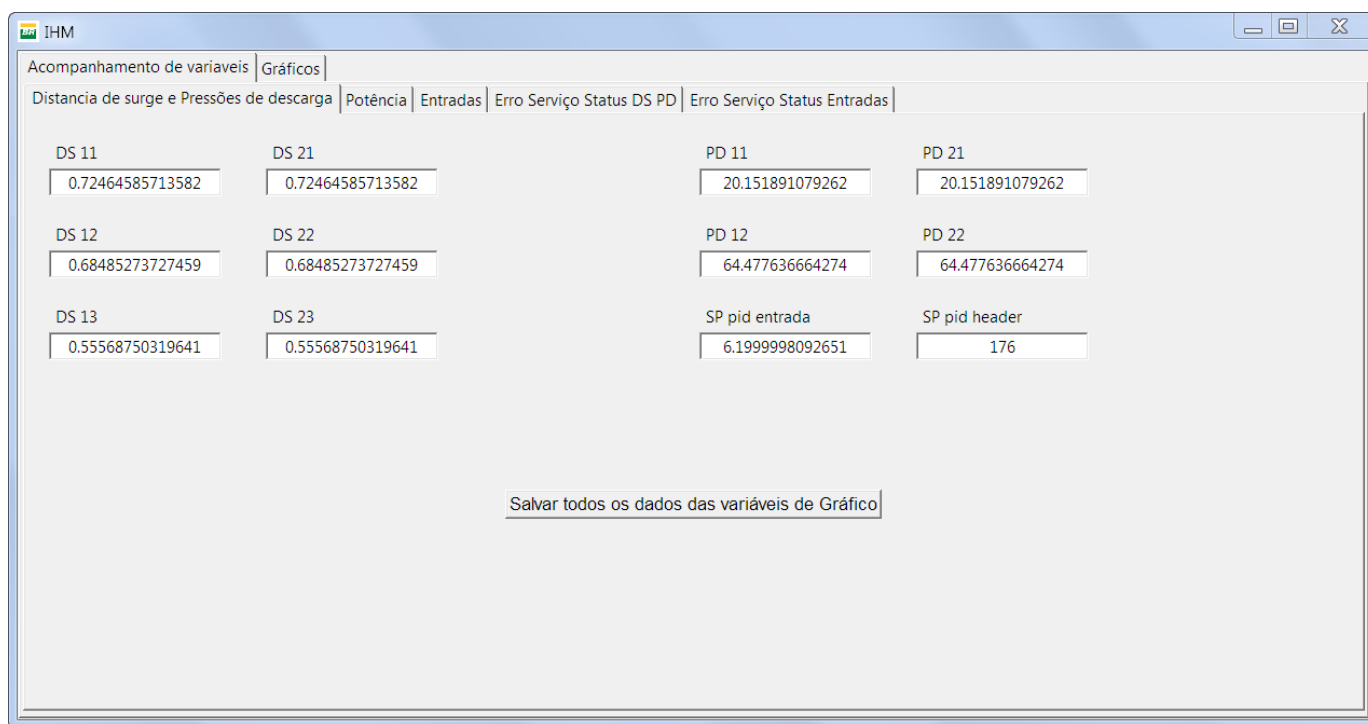


Figura 24 – Aba de Acompanhamento de Distancia de surge e Pressões de descarga.

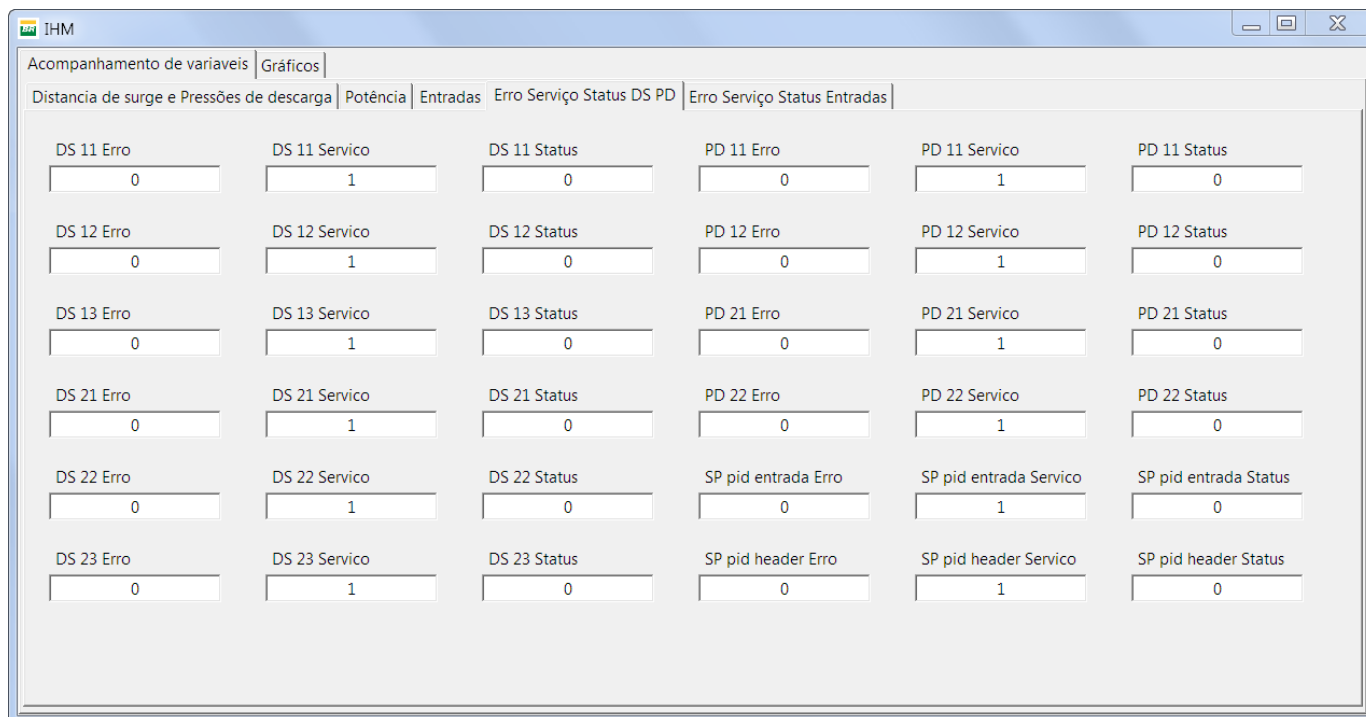


Figura 25 – Aba de Acompanhamento e gerenciamento do erro, serviço e status.

Na figura 26 pode ser observada uma das Abas de gráficos de variáveis desenvolvidas, este grande número de variáveis e Abas de gráficos justifica a atualização individual dos gráficos como abordado anteriormente.

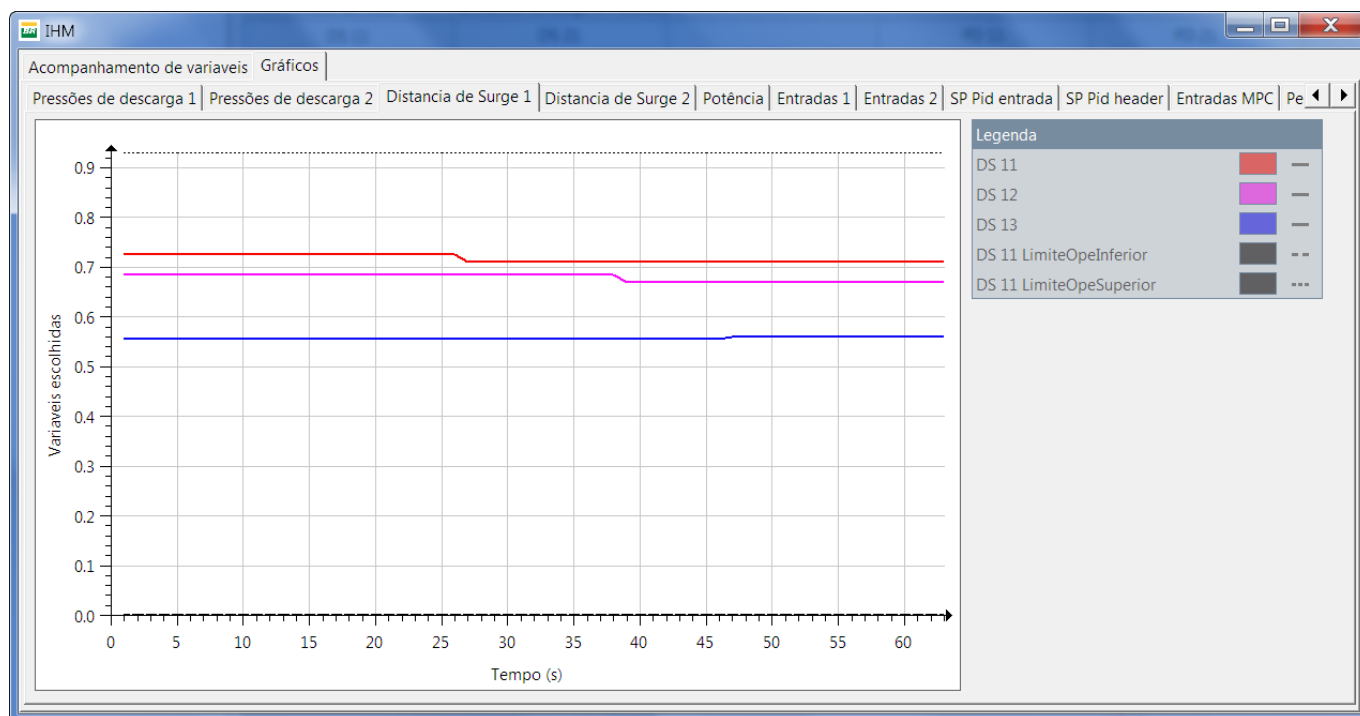


Figura 26 – Aba de Gráficos das distancias de Surge 1.

Como já citado anteriormente, até a data de criação deste documento a ferramenta e as suas interfaces geradas já foram testadas e aprovadas em diferentes projetos por grande parte dos quatro membros da equipe do projeto de controle avançado para plataformas de produção no Departamento de Automação e Sistemas da UFSC e dos dois pesquisadores envolvidos no Centro de Pesquisa da Petrobrás (Cenpes).

Entre as dificuldades encontradas, é válido citar o tempo necessário para o usuário se capacitar ao uso e as funcionalidades da ferramenta através do estudo do manual técnico apresentado no Apêndice A. Outras sugestões feitas para o aperfeiçoamento da ferramenta encontram-se listadas na seção dos trabalhos futuros deste documento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo final são apresentadas as principais conclusões obtidas com o desenvolvimento deste trabalho e os possíveis trabalhos futuros que podem ser feitos para acrescentar melhorias à ferramenta aqui apresentada.

Como verificado ao longo do trabalho, o grande benefício trazido pela ferramenta proposta é a possibilidade criação de telas de supervisão, sendo que tal criação acontece de maneira simplificada e automatizada, sem a necessidade de conhecimentos de nenhuma linguagem de programação. Isso permite, ganho de tempo e simplificação no desenvolvimento de formas de visualizar e modificar as variáveis utilizadas nos algoritmos do MPA.

Os resultados obtidos mostram que os objetivos deste trabalho foram alcançados com sucesso, pois a ferramenta permite realizar a criação de telas de supervisão para o software MPA. Conforme observado, tais telas atendem as especificações dos profissionais responsáveis por efetuar a avaliação de desempenho dos controladores para processos industriais.

Pode-se concluir que esse trabalho é muito proveitoso no projeto no qual ele foi inserido e também para demais usuários do MPA, tanto na Petrobrás como nos seus parceiros de pesquisa e desenvolvimento. Destaca-se também a grande importância deste trabalho para a formação acadêmica deste autor, por englobar conteúdos importantes da engenharia de controle e automação.

6.1 Trabalhos Futuros

A ferramenta pode ainda ser ainda aperfeiçoada com o acréscimo ou melhoria de funcionalidades importantes dos sistemas supervisórios, com o intuito de viabilizar o monitoramento e supervisão das variáveis desejadas com um melhor desempenho. Funcionalidades essas que facilitariam ainda mais o trabalho dos profissionais responsáveis por efetuar a avaliação de desempenho dos controladores para processos industriais. Seguem abaixo algumas destas funcionalidades em que o autor deste trabalho observou:

- Alarmes: Dispor ao usuário a oportunidade de criação e configuração da ferramenta para gerar alarmes, ou seja, avisar ao usuário do sistema quando uma variável ou condição do processo de produção está fora

dos valores previstos. Tais alarmes seriam mostrados na tela em formato de planilhas e/ou telas de avisos próprias. Realizando um devido tratamento em grande quantidade de alarmes para um operador de sistemas em um intervalo de tempo.

- Relatórios: Tornar realizável a geração de relatórios de trabalho pela ferramenta. Com as seguintes opções de relatórios:
 - Relatório de alarmes: Lista um histórico com os alarmes ocorridos durante uma faixa de tempo escolhida pelo operador do sistema.
 - Relatório de variáveis: Lista a alteração de variáveis ao decorrer do tempo/lote/período.
- Sistema Web Server: De forma análoga ao sistema cliente e servidor da ferramenta atual, a ferramenta poderia disponibilizar os dados do processo através da internet. Este sistema tem como grande vantagem poder acessar as variáveis e interfaces através da internet de forma fácil e segura.
- Banco de Dados: Possibilitar o armazenamento de dados ou de eventos como alarmes em um sistema de banco de dados que poderia ser utilizado para gerar relatórios, gráficos, e entre outras funções.

Outras funcionalidades que poderiam melhorar consideravelmente a utilização da ferramenta, como a elaboração de uma função que realizaria as funções da tela de configuração da ferramenta de maneira automática, gerando as configurações utilizadas, através da análise das Tags das variáveis e informações contidas nos arquivos configuração do MPA adicionados.

REFERÊNCIAS

BAILEY, D. **Practical Scada For Industry**. Austrália, 2003.

CAMPOS, M.; GOMES, M.; PEREZ, J. **Controle Avançado e Otimização na Indústria do Petróleo**. 1. ed. [S.l.]: Editora Interciência, 2013.

CAMPOS, M., Meien, O., Neto, S., Stender, A., Takahashi, T., & Ashikawa, F. **Anti-Slug Advanced Control for Offshore Production Platforms**. Offshore Technology Conference. 2015.

CAMPOS, M.; TEIXEIRA, H., **Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais**, Ed. Edgard Blücher, 2006.

FALLER, Anderson Carlos. **Desenvolvimento de uma Plataforma para Otimização da Produção em Tempo Real em Campos de Petróleo Operados por Gas-Lift**. Dissertação Graduação em Engenharia de Controle e Automação Industrial. UFSC. 2009

GAJOS, K.; WELD, D.; WOBROCK, J. **Automatically generating personalized user interfaces with Supple**. Artificial Intelligence, 2010. 950 p.

IERUSALIMSCHY, R. **Programming in Lua**. Ierusalimschy, Roberto, 2003.

IEC 61131-3: **About**, http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec61131-3. Acessado em Janeiro/2017.

LUA: **About**, <http://www.lua.org/about.html>. Acessado em Janeiro/2017.

MENDONÇA, E. S. **Monitoramento, Diagnóstico e otimização operacional de uma unidade de processamento de gás natural**. Tese de Mestrado,

Programa de pós-graduação em tecnologia de processos químicos e bioquímicos - UFRJ, 2007.

MORAES, C.C., **Engenharia de Automação Industrial**. 1 edição. Rio de Janeiro - RJ: LTC-Livros Técnicos e científicos, 2001.

OPC: **About**, <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc>. Acessado em Janeiro/2017.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 8 ed. São Paulo. Pearson Wesley. 2007.

TECGRAF, PUC-Rio. **MPA - Módulo de Procedimentos Automatizados. (Manual do Sistema)**, 2015.

TECGRAF, PUC-Rio. **MPA - Desenvolvimento e Execução de Aplicações de Controle e Automação de Processos Industriais** (disponível em: <http://www.tecgraf.puc-rio.br/pt/software/sw-mpa.html>), 2016.

The MIT License, <http://opensource.org/licenses/mit-license.html>. Acessado em Janeiro/2017.

APÊNDICE A – MANUAL DO USUÁRIO

***Ferramenta de Geração de Telas de
Supervisão para o MPA***

Manual do Usuário

versão 1.0
Março de 2017

Índice

Introdução	2
Requisitos de hardware e software	2
Requisitos de hardware:	2
OPERAÇÕES	3
Instalação da ferramenta	3
Criando uma interface	4
Menu inicial	4
Configuração da interface	7
Adicionar uma Variável na interface	9
Adicionar uma Variável no gráfico	13
Menu da tela de configuração de interface	15
Salvando configurações da interface	16
Criando a interface	16
Abrindo e Operando uma Interface	17

INTRODUÇÃO

A ferramenta de geração automatizada de interfaces para MPA tem como objetivo principal realizar a geração automatizada de interfaces para o software de Módulo de Procedimentos Automatizados. A ferramenta foi desenvolvida de tal forma que o usuário não precise ter o conhecimento de nenhuma linguagem de programação e elabore cada interface desejada separadamente e diretamente, tarefa trabalhosa e sujeita a inúmeros erros e falhas.

As interfaces geradas pela ferramenta permitem monitorar e operar partes ou todo um processo aplicado no MPA, sendo capaz de oferecer duas maneiras distintas de visualizar as variáveis utilizadas nos controles avançados do MPA. A primeira é através de quadros de acompanhamento de variáveis de maneira separada ou associada a outros recursos de visualização e manipulação de variáveis como o CheckBox, Controle de valor e o Esquemático de porcentagem. E a segunda através de gráficos realizados em tempo real que ajudam a avaliar valores de variáveis ao longo do tempo de forma rápida.

Neste manual estão descritos os procedimentos necessários para a utilização adequada da ferramenta. Este manual divide-se basicamente na instalação da ferramenta, na utilização da ferramenta para a criação de uma interface e na utilização da ferramenta para abrir ou modificar uma interface salva anteriormente.

Para usar efetivamente esta ferramenta, o usuário deve estar familiarizado com o software MPA (Módulo de Procedimentos Automatizados).

Requisitos de hardware e software

Para o perfeito funcionamento do sistema são necessários os seguintes requisitos:

Requisitos de hardware:

- Computador do tipo PC com processador Celeron ou superior;
- 32 MB de memória RAM;
- Mínimo 125 Kb disponíveis.

Requisitos de software:

- Sistema operacional Windows XP ou superior;
- MPA instalado.

OPERAÇÕES

Instalação da ferramenta

A ferramenta não necessita de uma instalação por ter sido desenvolvida na linguagem script Lua, e este tipo de linguagens de programação são executados do interior de outros programas, o software que vai executar a ferramenta vai ser o MPA servidor. Por consequência é necessário realizar a configuração de um atalho que vai executar o script em Lua no MPA, este atalho é configurado da seguinte modo:

- No campo “Destino:” do atalho é preciso inserir a sentença: {“C:\Program Files (x86)\MPA\console\mpa-console.exe” ihm.lua}, esta sentença pode sofrer modificações dependendo do endereço de instalação do MPA no computador do usuário.
- No campo “Iniciar em:” do atalho é preciso inserir o endereço do arquivo “.lua” que representa o script em Lua da ferramenta.

Um exemplo desta configuração pode ser observado na figura 1.

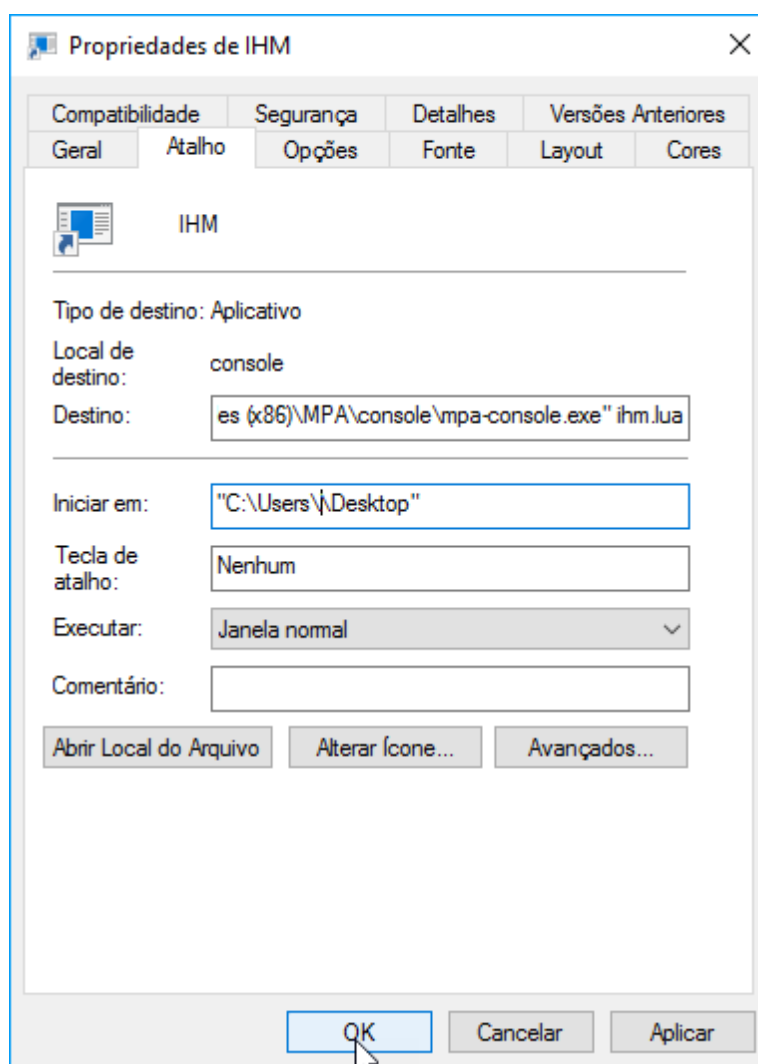


Figura 27 – Configuração do atalho de execução da ferramenta.

Depois de configurar o atalho de execução da ferramenta, já é possível utilizá-la diretamente através do mesmo.

Criando uma interface

Antes de utilizar o atalho de execução da ferramenta é necessário já ter executado o atalho para a execução do MPA servidor, por que é necessário uma conexão entre a ferramenta e o MPA servidor com o fim de que exista uma comunicação para que as informações pertinentes possam ser adquiridas. Portanto se o MPA servidor não tiver sido executado antes da execução da ferramenta, é provável que a ferramenta não funcione corretamente.

Ao iniciar a ferramenta é exibida a tela do Menu inicial , a qual é mostrada na figura 2.

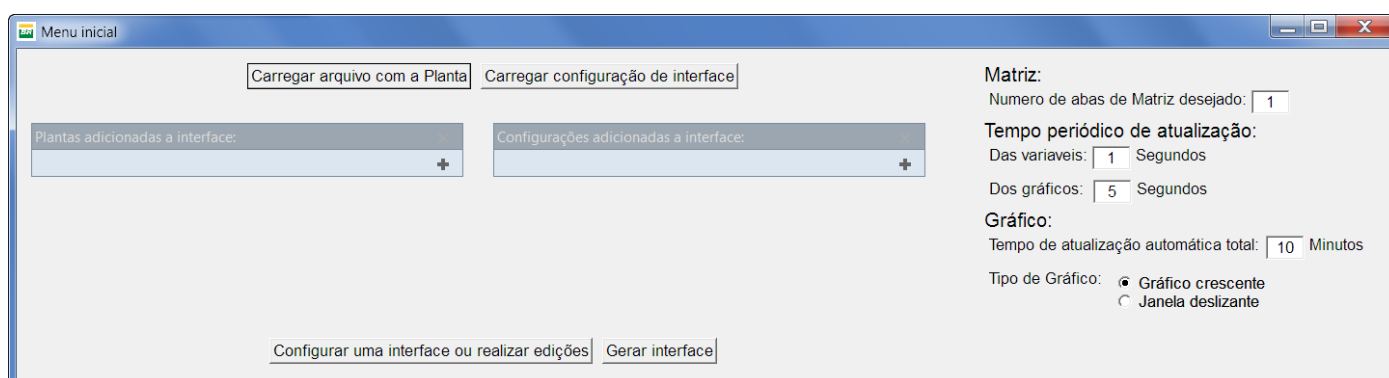


Figura 28 – Tela do Menu inicial

Menu inicial

Na tela do Menu inicial (Figura 2) é carregar na ferramenta um ou mais arquivos de configuração do sistema MPA, contendo as definições das características de cada equipamento utilizado e seus respectivos pontos de controle. Esta ação pode ser realizada através de um clique no botão “Carregar arquivo com a Planta” ou do botão “+” do quadro “Plantas adicionadas a interface”, e em seguida na seleção do arquivo desejado. Na figura 3 pode ser visualizados arquivos exemplos de plantas carregadas na ferramenta.

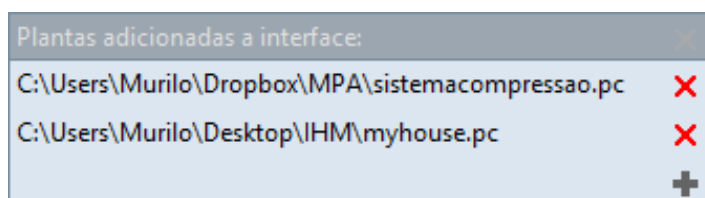


Figura 29 – Quadro Plantas adicionadas a interface

Da mesma forma é possível carregar na ferramenta um ou mais arquivos de configuração de interfaces já salvos anteriormente pela própria ferramenta. Esta ação pode ser

realizada através de um clique no botão “Carregar configuração de interface” ou do botão “+” do quadro “Configurações adicionadas a interface”, e em seguida na seleção do arquivo desejado. Na figura 4 pode ser visualizados arquivos exemplos de configurações carregadas na ferramenta.

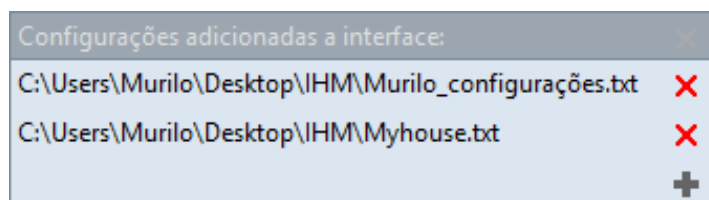


Figura 30 – Configurações adicionadas a interface

Os arquivos de configuração de interface já contem os endereços dos arquivos de configuração do sistema MPA, conseqüentemente os arquivos com as plantas vão ser carregados automaticamente, sendo os mesmos listados no “quadro das Plantas adicionadas a interface” (Figura 2).

Caso algum arquivo tenha sido carregado por engano é possível realizar a exclusão deste arquivo através dos quadros, clicando no botão “X” do arquivo que se deseja excluir. Se um arquivo de configuração de interface for excluído, os arquivos de plantas adicionados por esse arquivo vão ser similarmente excluídos.

Também é possível definir um conjunto de propriedades desejadas pela interface que vai ser gerada, como pode ser observado na figura 5.

Figura 31 – Propriedades da interface

- **Número de abas de Matriz desejado:** Define o número de abas de matrizes que vai ser

criado para o acompanhamento de variáveis na interface. Caso algum arquivo de configuração de interface seja adicionado o número máximo de abas contidas no arquivo ou definido pelo usuário será o número de abas da interface a ser realizada.

- **Tempo de atualização:**
 - **Das variáveis:** Define o tempo em segundos que a interface gerada vai periodicamente realizar a atualização dos valores das matrizes de acompanhamento de variáveis e dos valores utilizados nos gráficos.
 - **Dos gráficos:** Define o tempo em segundos que a interface vai periodicamente realizar a atualização dos gráficos.
- **Tempo de atualização automática total:** Define o tempo em minutos que o gráfico online vai ser atualizado de maneira automática. Após este tempo para atualizar qualquer gráfico é necessário realizar uma transição entre abas de gráfico.
- **Tipos de gráficos:** Define o tipo de gráfico online que será gerado pela interface, sendo que existem as seguintes opções:
 - **Gráfico crescente:** Vai ser criado um gráfico que aumenta conforme o tempo passa, por consequência a escala do eixo x do gráfico cresce.
 - **Janela deslizante:** Vai ser criado um gráfico com uma janela fixa que vai ser mover conforme o tempo passa, por consequência a escala do eixo x do gráfico continua a mesma durante toda aplicação. O tamanho da janela pode ser definido em segundos, como pode ser observado pela figura 5.

Após a adição dos arquivos com as plantas ou dos arquivos com as configurações de interface e definir o conjunto de propriedades desejadas da interface é possível gerar uma interface automaticamente. Isso é feito através do botão “Gerar interface” ou é possível escolher ir para a tela de configuração de interface, com o intuito de criar uma nova interface ou realizar modificações em uma interface carregada, clicando no botão “Configurar uma interface ou realizar edições”, observados na figura 7.

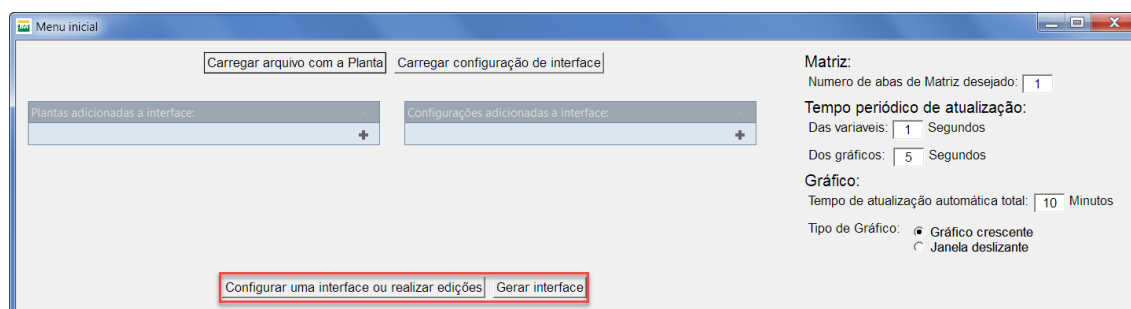


Figura 32 – Opções do menu inicial.

Configuração da interface

A tela de configuração de interface tem o propósito de possibilitar ao usuário da ferramenta configurar e depois salvar uma interface desejada. Isso é feito por intermédio da adição das variáveis em matrizes de acompanhamento de variáveis e no quadro de variáveis para o gráfico, que podem ser visualizados na figura 8.

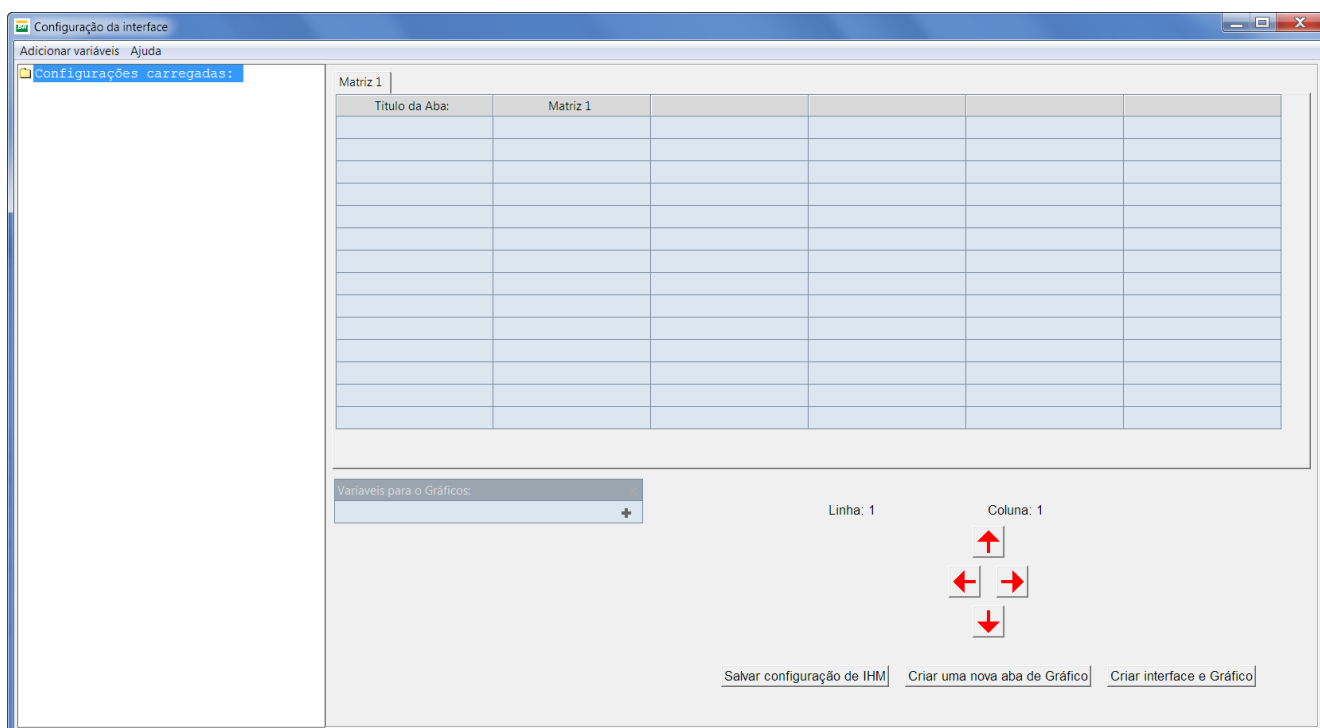


Figura 33 – Tela de configuração de interface.

No canto inferior esquerdo se encontra uma árvore com todas as Plantas carregadas, onde a pasta raiz de cada planta carregada tem como nome o endereço do arquivo no computador do usuário. Esta árvore pode ser expandida ou colapsada, com o botão direito do mouse, para mostrar diferentes níveis de detalhes da planta. Um exemplo desta árvore com todas as Plantas carregadas pode ser observado pela figura 9, onde é claro a relação entre as folhas da arvores e as variáveis do sistema em forma das Tags OPC utilizadas.

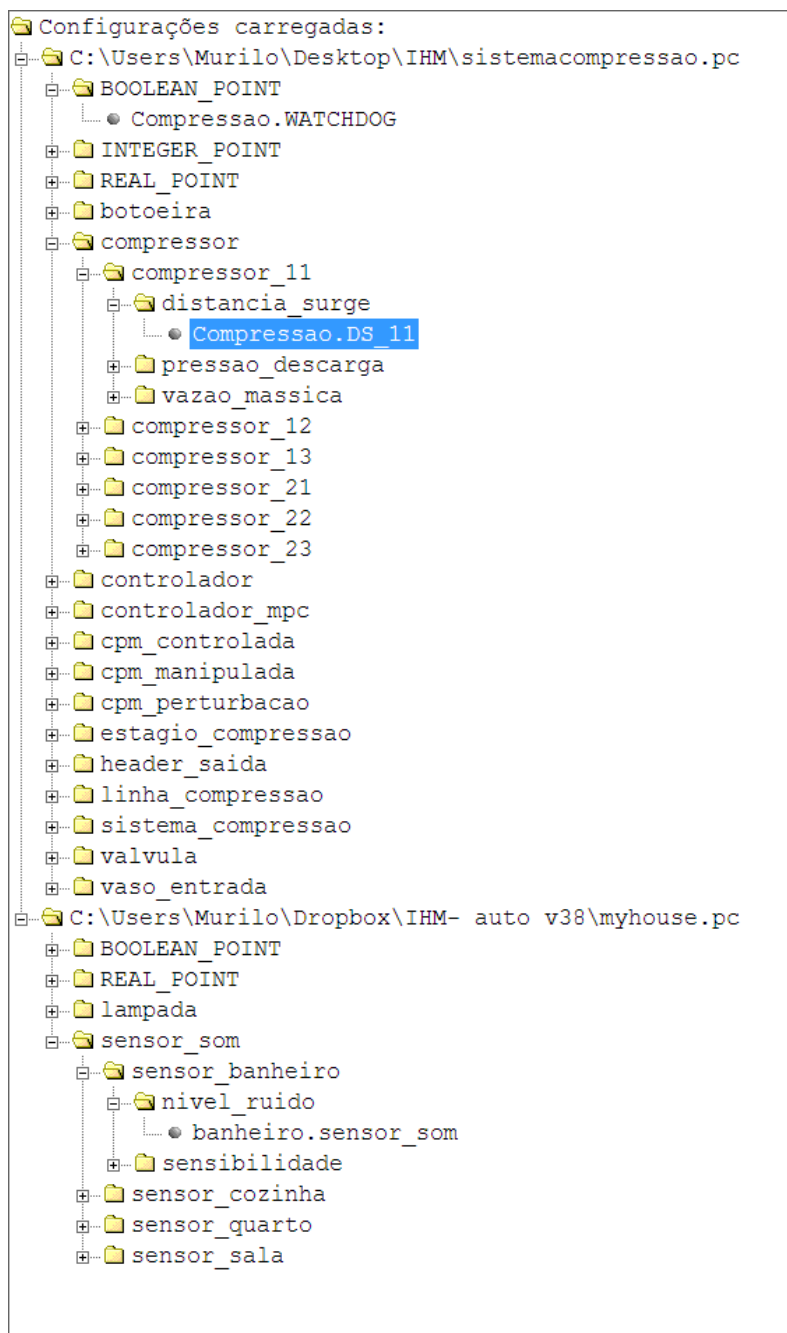


Figura 34 – árvore exemplo com todas as Plantas carregadas

No canto superior direito se encontram as abas das matrizes de acompanhamento de variáveis, dentro de aba existe uma matriz com 6 colunas e 15 linhas, onde a primeira linha inteira serve para determinar o título que da respectiva matriz na interface (Figura 10). Para se alterar o título da matriz atual é necessário utilizar o botão direito do mouse e posteriormente clicar em “Modificar o título da Aba da matriz”. A seguir uma janela vai surgir (vide Figura 11), nesta janela é possível modificar o título para qualquer conjunto de palavras que o usuário jogar apropriado. Para salvar o novo título é preciso clicar no botão “OK” ou apertar a tecla

“Enter”, caso o usuário deseje cancelar a operação e não realizar a modificação no título é preciso clicar no botão “Cancelar” ou pressionar a tecla “Esc”.

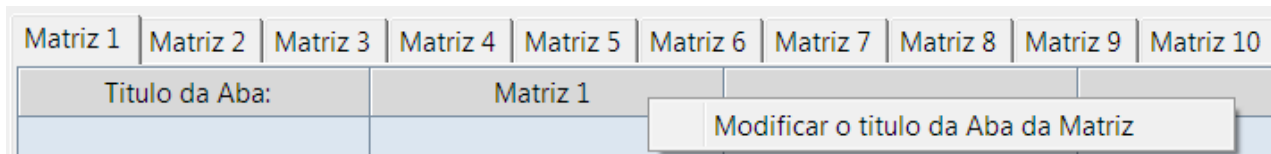


Figura 35 – Abas das matrizes de acompanhamento de variáveis.

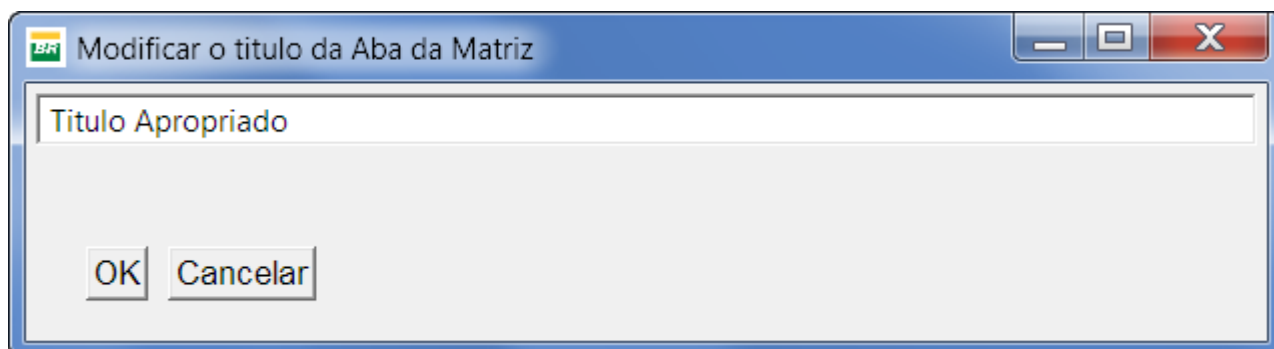


Figura 36 – Tela de modificação do título da Aba da matriz.

Adicionar uma Variável na interface

Para adicionar uma variável e mutualmente sua tag OPC nas matrizes de acompanhamento de variáveis, é preciso primeiro selecionar a aba da matriz esperada através do botão direito do mouse na aba de matriz.

Para selecionar o local na matriz onde a variável deve ser adicionada, pode-se usar o botão direito do mouse em cima da célula desejada ou as setas em vermelho localizadas no canto inferior direito para modificar o lugar atual (Figura 12). O número da linha e da coluna do local selecionado é atualizado automaticamente acima das setas, e a cada mudança de aba o local volta a posição inicial com linha e coluna em 1.

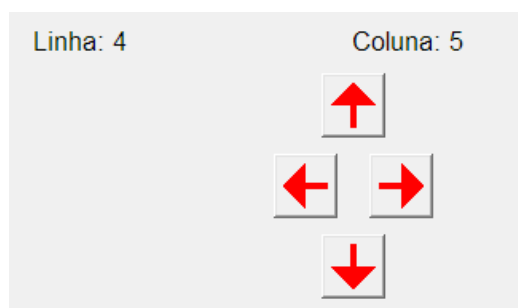


Figura 37 – O número da linha e da coluna do local selecionado e as setas para modificar o lugar atual.

Por último é necessário abrir a árvore com os arquivos plantas carregados, até poder selecionar o último nível da árvore com as variáveis desejadas (Figura 9). Em seguida utilizar o botão direito do mouse e posteriormente clicar em “Adicionar variável á interface” ou efetuar um duplo clique no botão esquerdo do mouse na Variável desejada.

A seguir uma nova tela irá surgir (vide Figura 13), nela é possível modificar a legenda da variável. É possível também mudar o tipo da tag da variável para: Numérico, booleano ou textual.

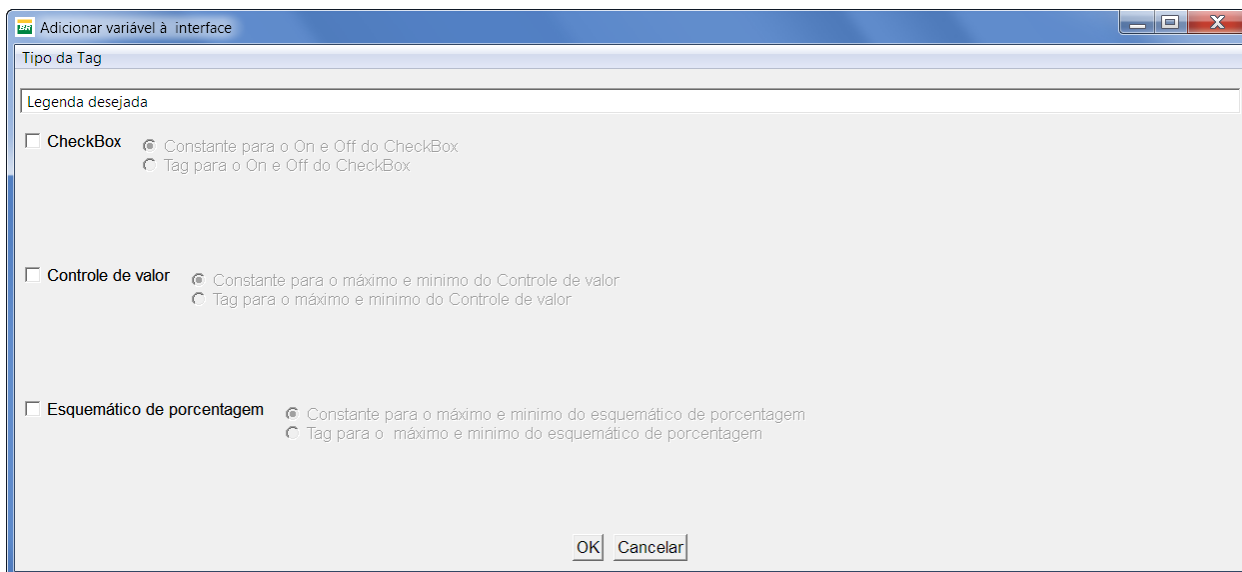


Figura 38 – Tela de adição de uma Variável as matrizes de acompanhamento de variáveis.

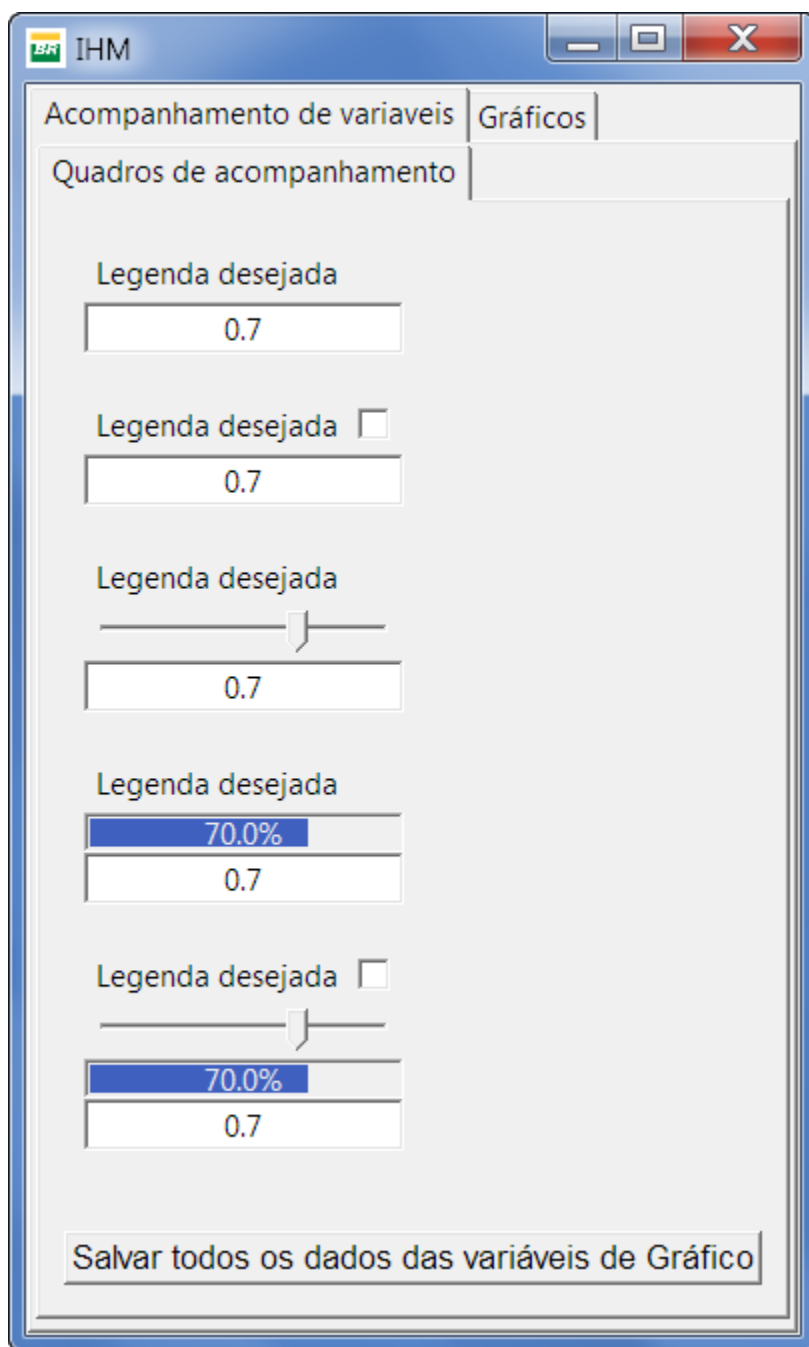


Figura 39 – Interface gerada pela ferramenta com diferente quadro e outros recursos.

Além dos quadros padrões de acompanhamento e das legendas das Variáveis, que pode ser observado na figura 14, é possível adicionar outros recursos de visualização e manipulação de variáveis de maneira separada ou associada.

É possível adicionar um checkbox, que é um botão com dois estados (On/Off) que, quando selecionado, modifica o valor da variável configurada para o valor On ou Off dependendo do estado ativo, este recurso pode ser observado na figura 15, para configurar o

valor On e Off do checkbox pode se escolher constantes ou os valores das variáveis que estão disponíveis em uma lista que esta adjacente a escolha do checkbox. Este recurso pode ser muito útil com a utilização de variáveis booleanas ou numéricas que admitem somente dois valores.

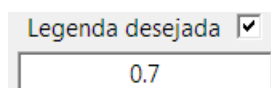


Figura 40 – Quadro de acompanhamento com a legenda desejada e checkbox.

É possível também adicionar um controle de valor, que pode indicar ou modifica o valor da variável configurada para qualquer valor dentro da faixa delimitada máximo e mínimo configurados. Este recurso pode ser observado na figura 16, para configurar o valor máximo e mínimo do controle de valor pode se escolher constantes ou os valores das variáveis que estão disponíveis em uma lista que esta adjacente a escolha do controle de valor. Este recurso pode ser muito vantajoso para realizar a edição de valores das variáveis de maneira menos violenta ou de uma maneira mais fácil que a inserção de valores numéricos no quadro padrão de acompanhamento.

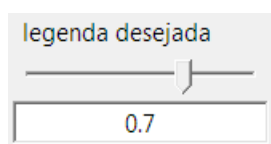


Figura 41 – Quadro de acompanhamento com a legenda desejada e o controle de valor.

É por último é possível adicionar um esquemático de porcentagem, da mesma maneira que o controle de valor este recurso mostra um valor percentual entre o intervalo máximo e mínimo da variável escolhida, este recurso ser observado na figura 17, para configurar o valor máximo e mínimo do esquemático pode se escolher constantes ou os valores das variáveis que estão disponíveis em uma lista que esta adjacente a escolha deste esquemático. Este recurso pode ser muito vantajoso para o usuário visualizar e ser informado de maneira eficiente sobre valor das variáveis.

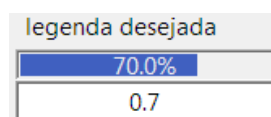


Figura 42 – Quadro de acompanhamento com a legenda desejada e esquemático de porcentagem.

Na figura 18 pode ser observado um exemplo com a utilização de todos os recursos de visualização e manipulação de variáveis de maneira associada.

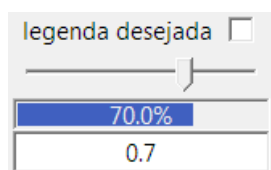


Figura 43 – Quadro de acompanhamento com a legenda desejada e os outros recursos associados.

Para finalmente adicionar a Variável e sua respectiva Tag e suas características definidas à interface é preciso clicar no botão “OK” ou apertar a tecla “Enter”, caso o usuário deseje cancelar a operação e não realizar a adição da Variável à interface é preciso clicar no botão “Cancelar” ou apertar a tecla “Esc”.

Para mover uma Variável de local na matriz é preciso selecionar a Variável, clicando uma vez com o botão esquerdo do mouse na Variável desejada e após apertar na tecla “SHIFT” junto com uma das teclas direcionais do teclado (←, →, ↑ e ↓) com a mesma direção para onde a Variável deve mover-se.

É válido salientar que ao mover uma Variável de um local para um novo local, o conteúdo antigo do novo local vai ser excluído e substituído pelo conteúdo da Variável movida.

É possível modificar nome de legenda de uma Variável já adicionada a matriz, efetuando um duplo clique no botão esquerdo do mouse no local da Variável desejada ou apertando a tecla “Enter”.

Para excluir uma Variável adicionada na matriz é preciso selecionar a Variável, clicando uma vez com o botão esquerdo do mouse na Variável desejada e após apertar a tecla “Del”.

Adicionar uma Variável no gráfico

Para adicionar uma Variável e sua respectiva Tag OPC em um gráfico online é necessário abrir a árvore com os arquivos plantas carregadas, até poder selecionar o último nível da árvore com as Tags da Variável desejada (Figura 9) e em seguida utilizar o botão direito do mouse e posteriormente clicar em “Adicionar variável à gráfico atual”. É possível também a adicionar uma Variável em um gráfico se ela já foi adicionada anteriormente em uma matriz de acompanhamento de variáveis, como pode ser observado na figura 19, pode-se usar o botão direito do mouse em cima da célula desejada e posteriormente clicar em “Adicionar variável à gráfico atual”.

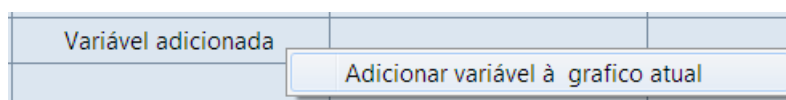


Figura 44 – Adição de uma Variável em um gráfico de uma matriz de acompanhamento de variáveis.

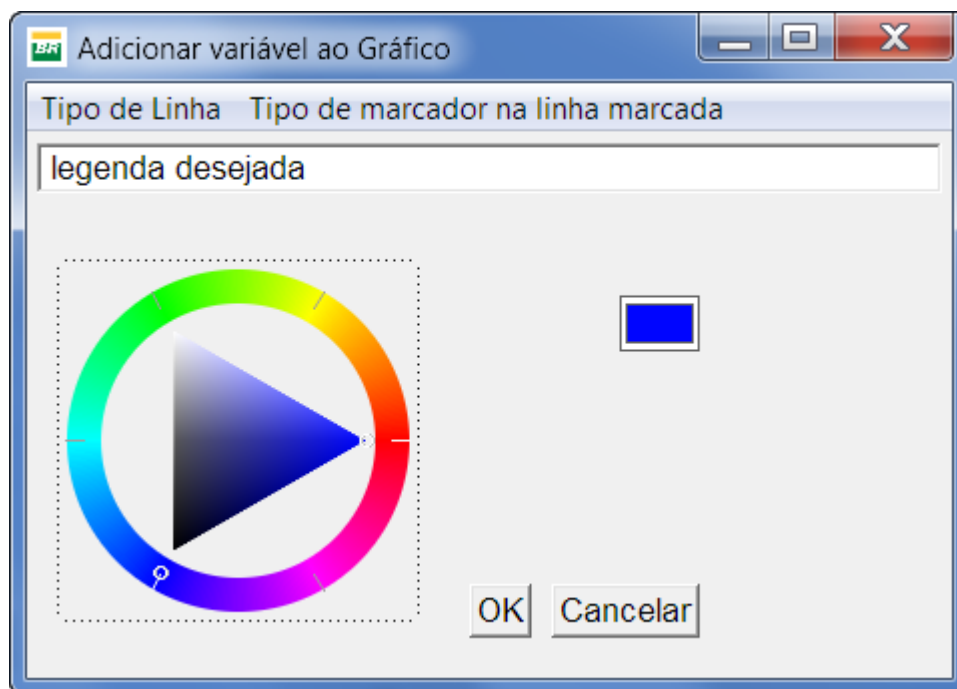


Figura 45 – Tela de adição de uma Variável em um gráfico.

A seguir uma tela que pode ser observada na figura 20 deve surgir, nela é possível modificar a legenda da Variável para qualquer conjunto de palavras que o usuário jogar apropriada. É possível também mudar o tipo de linha que os valores da Variável vão ter no gráfico para: Contínua, Contínua marcada, Tracejada, Pontilhada, Com Traço e ponto e Com traço, ponto e ponto. Na linha marcada é possível escolher entre: +, *, O, X, □ e ♦.

Para escolher a cor desejada pela Variável no gráfico, pode-se mover os dois cursores no esquema cromático observado na figura 20, a cor escolhida pode ser observada ao lado do diagrama.

Para finalmente adicionar a Variável, sua respectiva Tag OPC e suas características definidas ao gráfico é preciso clicar no botão “OK” ou apertar a tecla “Enter”, caso o usuário deseje cancelar a operação e não realizar a adição da Variável é preciso clicar no botão “Cancelar” ou apertar a tecla “Esc”.

Para criar uma nova aba de gráfico pode se utilizar o botão “Criar uma nova aba de gráfico” no canto inferior direito (Figura 21). É possível modificar nome de legenda de uma Variável já adicionada ao um gráfico, efetuando um duplo clique no botão esquerdo do mouse no local da Variável desejada ou apertando a tecla “Enter”.

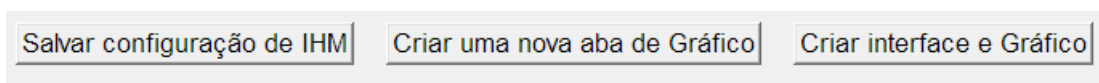


Figura 46 – Opções da Tela de Configurações da interface.

Para excluir uma Variável adicionada ou uma aba do gráfico é preciso clicar uma vez com no botão “X” vermelho ou apertar na tecla “Del” na linha que se deseja excluir. Caso uma aba de gráfico for excluída suas linhas se deslocaram para a aba anterior.

Menu da tela de configuração de interface

Existe ainda um menu na tela de configuração de interface no canto superior esquerdo, que pode ser visualizado na figura 22, nele é possível também adicionar variáveis nas matrizes de acompanhamento de variáveis e no quadro de variáveis para o gráfico, também é possível obter mais informações sobre o funcionamento e desenvolvimento no menu ajuda.

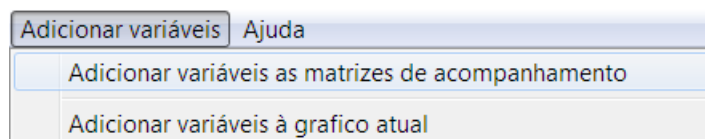


Figura 47 – Menu da tela de configuração de interface.

Para adicionar uma Variável e mutualmente sua Tag OPC as matrizes de acompanhamento de variáveis, é preciso utilizar o botão “Adicionar variáveis as matrizes de acompanhamento”, em seguida uma tela que pode ser observada na figura 23 deve surgir, nela é possível escolher a Tag da variável, dispostas em uma lista com todas as Tags disponíveis, bem como a matriz e a coluna e a linha do local da célula onde deverá ser realizada a adição da variável.

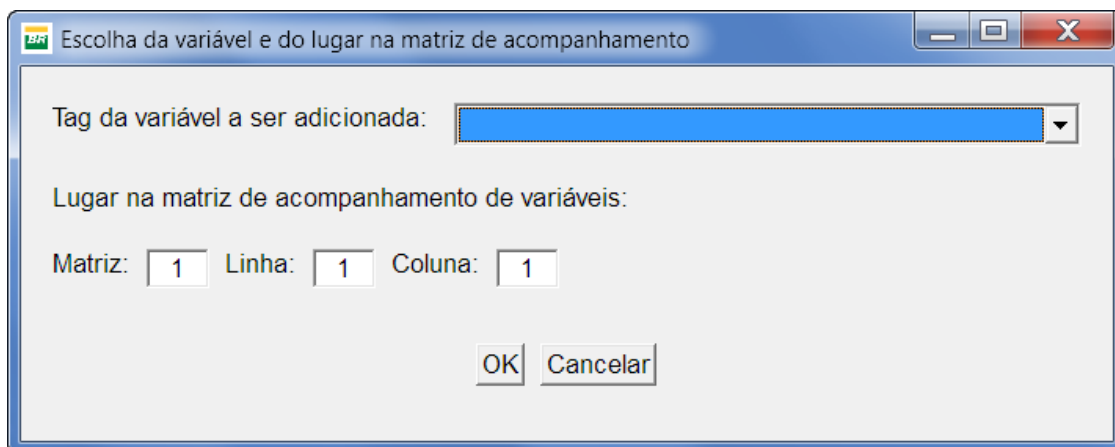


Figura 48 – Tela de adição de uma Variável as matrizes de acompanhamento de variáveis pelo menu.

Para passar para a próxima tela é necessário clicar no botão “OK” ou apertar a tecla “Enter”, caso o usuário deseje cancelar a operação e não realizar a adição da Variável é preciso clicar no botão “Cancelar” ou apertar a tecla “Esc”. A próxima tela (figura 13) e operações a serem realizadas caso seja escolhido prosseguir é semelhante ao processo de adicionar uma Variável na interface descrito anteriormente.

Para adicionar uma Variável e sua respectiva Tag OPC em um gráfico online, é preciso utilizar o botão “Adicionar variáveis à gráfico atual” (Figura 22), em seguida uma tela que pode ser observada na figura 24 deve surgir, nela é possível escolher a Tag da variável desejada, dispostas em uma lista com todas as Tags disponíveis.

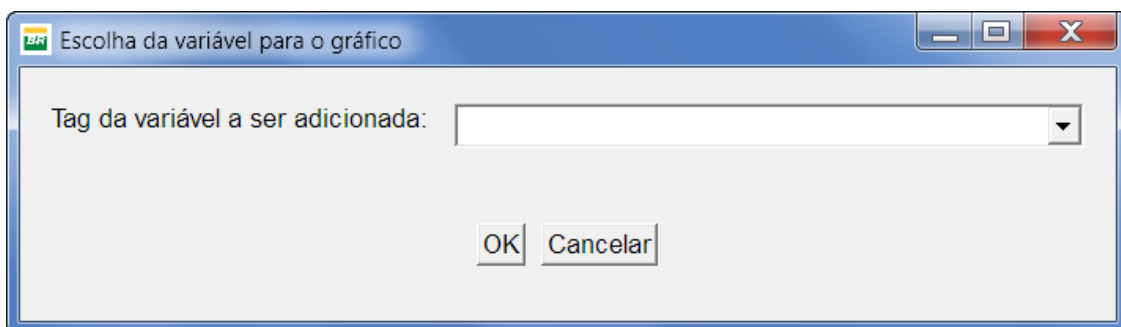


Figura 49 – Tela de adição de uma Variável à gráfico atual pelo menu.

Para passar para a próxima tela é necessário clicar no botão “OK” ou apertar a tecla “Enter”, caso o usuário deseje cancelar a operação e não realizar a adição da Variável é preciso clicar no botão “Cancelar” ou apertar a tecla “Esc”. A próxima tela (figura 20) e operações a serem realizadas caso seja escolhido prosseguir é semelhante ao processo de adicionar uma Variável ao um gráfico descrito no capítulo anterior.

Salvando configurações da interface

Para salvar uma configuração de interface pode se utilizar o botão “Salvar configuração de IHM” no canto inferior direito (Figura 21). A seguir o arquivo com o nome “configurações_ihm.txt” é gerado e salvo no mesmo endereço do arquivo “.lua” da ferramenta. Este arquivo contém todas as configurações realizadas pelo usuário necessárias para recriar a interface inúmeras vezes.

É importante advertir que o usuário deve salvar a configuração da interface antes de realizar a criação desta, pois após a geração da interface a tela de configuração de interface não poderá ser mais acessível e conseqüentemente qualquer modificação não salva será perdida.

Criando a interface

Por ultimo, após o usuário efetuar e salvar todas as adições e configurações desejadas, utilizando o botão “Criar interface e gráfico” no canto inferior direito (Figura 21). Em seguida a tela com a interface criada vai aparecer, a apresentação desta tela vai ser realizada no capítulo seguinte.

Abrindo e Operando uma Interface

Como já mencionado neste documento anteriormente na tela do Menu inicial (Figura 2) é possível após a adição dos arquivos com as configurações de interface já salvos anteriormente e a definição do conjunto de propriedades da interface desejado é possível gerar a interface diretamente, clicando no botão “Gerar interface” (Figura 7).

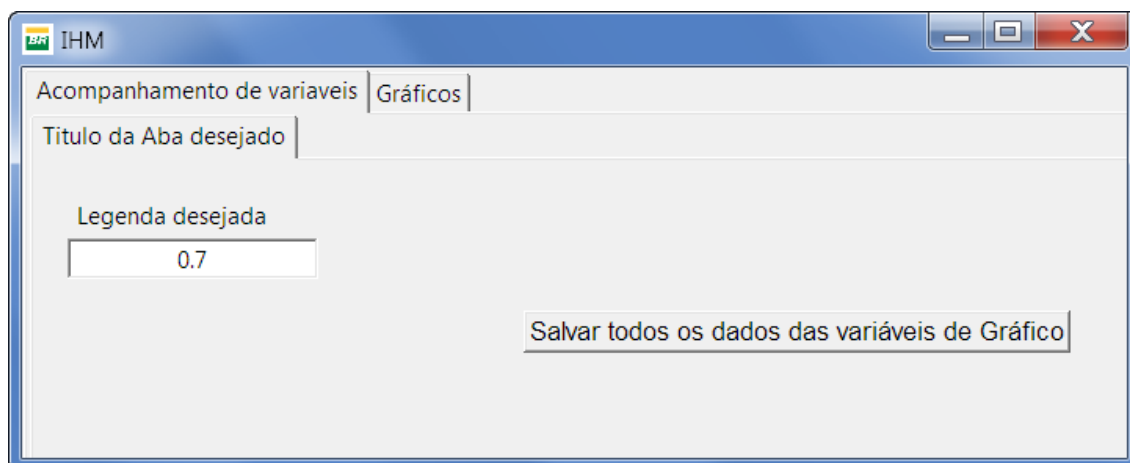


Figura 50 – Tela da interface, aba de acompanhamento de variáveis.

Em seguida a tela da interface criada vai surgir (Figura 25), nela existem duas abas principais: A aba de acompanhamento de variáveis e aba de Gráficos. Na primeira aba da aba principal de acompanhamento de variáveis além de conter as Variáveis desejadas para esta aba, existe também um botão “Salvar todos os dados das variáveis de gráfico”, este botão permite ao usuário salvar em um arquivo “Dados dos Gráficos.txt”, com todos os valores das variáveis, em cada um segundo, que foram adicionadas nas abas de gráfico.

É possível realizar a transição ente as abas de acompanhamento de variáveis e as abas de gráfico efetuando um clique no botão esquerdo do mouse na aba desejada.

Em todas as abas contidas na aba principal de acompanhamento de variáveis é possível obter a Tag de cada Variável quadro de acompanhamento, para tal fim é necessário parar o mouse por mais de um segundo em cima do quadro desejado. Também é aceitável realizar modificações nos valores apresentados pelos quadros, através da própria edição nos quadros principais e após utilizando a tecla “Enter” ou utilizando diretamente o Controle de valor e CheckBox abordados na secção de Adição de uma Variável na interface.

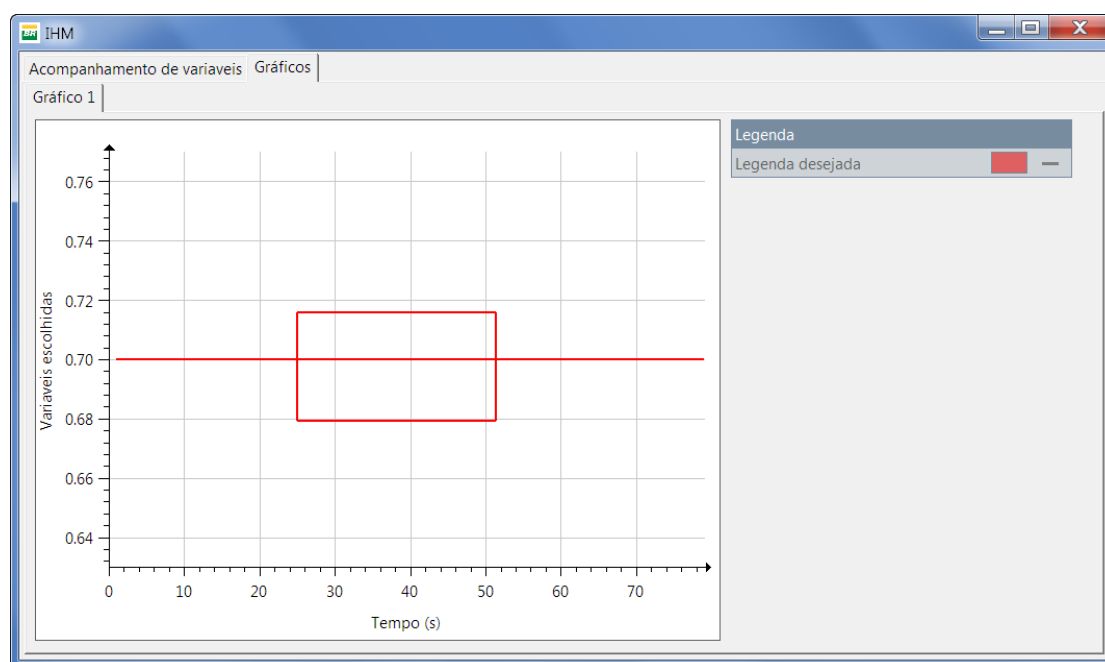


Figura 51 – Tela com a interface, aba de Gráficos, realizando a aproximação de um trecho desejado.

Nas abas de gráfico (Figura 26) é possível efetuar uma aproximação de um trecho desejado, para isto é preciso clicar com o botão esquerdo do mouse no início da área desejada e soltar o botão somente no fim da área desejada. Para retornar o gráfico sem a aproximação é necessário efetuar um duplo clique no botão esquerdo do mouse em qualquer área do gráfico.

Sobre a execução da interface criada é importante evidenciar que o tempo de atualização de todas as variáveis utilizadas na interface depende da quantidade de variáveis a serem atualizadas e do tempo ocioso do MPA servidor. E se for definido um tempo periódico menor ou igual ao tempo necessário para efetuar a atualização das variáveis, a interface pode ter pequenos travamentos entre as mudanças das abas ou o MPA servidor pode ser sobrecarregado, caso isto aconteça é recomendado aumentar o tempo periódico de atualização das variáveis.

A atualização automática dos gráficos acontece somente quando uma aba de gráfico esta sendo exibida aos usuários, e somente o gráfico que esta sendo exibido é atualizado, estas atualizações acontecem automaticamente até que o tempo total definido, após este tempo para atualizar qualquer gráfico é necessário somente realizar uma transição entre abas de gráfico. Os gráficos foram desenvolvidos desta maneira com o intuito de minimizar o custo computacional necessário para atualizar os gráficos de forma desnecessária. Caso o usuário perceba que o gráfico não esta sendo atualizado de maneira adequada ou a interface criada esta travando ou não respondendo de maneira adequada é aconselhado aumentar o tempo periódico de atualização dos gráficos.