

# Desenvolvimento de um jogo sério para modelagem, operação e manutenção de plantas industriais

Mauro M. Barbat, Diana F. Adamatti e Adriano Werhli

**Resumo**—Com o avanço tecnológico e o nível de imersão que a tecnologia representa na vida de seus usuários, novas metodologias de ensino surgem objetivando valer-se deste potencial para atingir os estudantes de forma mais eficaz. O uso de jogos sérios na educação conquista espaço junto a pesquisadores e educadores, dado seu poder imersivo e lúdico servindo como intermédio entre a teoria e a prática, facilitando a cognição de tópicos elementares e avançados. Baseado neste contexto, o foco deste trabalho é o desenvolvimento de um jogo sério dos tipos educacional e simulador, visando expor aos estudantes do ensino médio e da graduação tópicos elementares sobre a modelagem, operação e manutenção de plantas industriais, devido sua importância em ambientes industriais.

**Palavras Chave**— jogos sérios, simulador, plantas industriais, imersão, educação.

## I. INTRODUÇÃO

No decorrer do tempo os processos educacionais tendem a sofrer constantes mudanças, impulsionados por novas técnicas e ferramentas desenvolvidas com o intuito de somar maneiras de aprimorar a absorção dos conhecimentos de forma mais eficaz, dinâmica e atraente aos estudantes.

A utilização de jogos sérios para treinamento não é um conceito atual, tendo surgido com o *Army Battlezone*, projeto desenvolvido pela Atari na década de 80 com o objetivo de treinar militares em situações de batalha. A partir de então, a utilização dos jogos sérios ganhou espaço considerável sendo utilizados em inúmeros setores como: setor automotivo, petrolífero, aviação, gestão de pessoas, medicina, acessibilidade, entre outros.

Esse grau de aceitabilidade que os jogos sérios recebem atualmente é dado, entre outros fatores, pelo poder de imersão e aceitação que os jogos oferecem ao jogador, através do processo de jogo o jogador/estudante é capaz de ser inserido em contexto, analisar problemas e tomar decisões de acordo com seu próprio julgamento e conhecimento. De acordo com [1], a simulação é um meio de se experimentar ideias e conceitos sob condições que estariam além das possibilidades

de se testar na prática, devido ao custo, demora ou riscos envolvidos.

Atualmente os jogos sérios são classificados em cinco categorias principais, de acordo com o foco e público que buscam atingir [2]:

- **Simuladores:** Estes procuram simular um ambiente e/ou ocasião o mais próximo possível da realidade, atingindo o seu público pela semelhança, imersão e segurança que passa ao jogador, pois este não terá medo de arriscar e errar, pois não terá consequências reais.
- **Advergames:** Estratégia mercadológica, utilizado como ferramenta de marketing para promoção e divulgação de marca, produto, empresa ou ponto de vista.
- **Edutainment:** Jogos com o objetivo de educar, passar um conhecimento de forma lúdica.
- **Persuasão:** São jogos com o intuito de passar e tornar uma ideia mais fácil de ser aceita pelo seu público.
- **Militainment:** Utilizados normalmente pelas forças armadas do país para divulgar, tornar interessante a ideia de servir e também para treinar.

Considerando estas categorias, percebemos o quão difundido o uso dos jogos sérios está na sociedade atual. Com esta percepção, empresas de grande porte valem-se destes recursos como ferramentas para treinamento e aperfeiçoamento de colaboradores em diferentes áreas de atuação. São exemplos de empresas que utilizam jogos sérios como parte do treinamento de seus funcionários: MacDonald's, Burger King, Coca-Cola, Intel, Petrobrás e Marinha do Brasil.

Percebendo-se o avanço do uso de jogos sérios, diferentes linhas de pesquisa são desenvolvidas, visando validar sua utilização como ferramenta de apoio ao ensino convencional e profissionalizante. No geral são obtidos resultados positivos quanto à assimilação, aceitabilidade e aquisição de convicção acerca dos tópicos abordados.

De modo geral, a explicação mais utilizada por estudiosos desta área ressalta que com a utilização de simuladores e jogos educacionais, torna-se mais intuitiva a transferência do conhecimento, pois através ou em conjunto com o entretenimento, a aprendizagem tende a convergir de forma que o jogador/aluno aprenda o que foi passado de forma passiva e agradável.

---

Mauro M. Barbat é Engenheiro de computação pela Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS Brasil (e-mail: maurobarbat@furg.br).  
Diana F. Adamatti é professora do Centro de Ciências Computacionais da Universidade Federal do Rio Grande (C3/FURG). (e-mail: dianaadamatti@furg.br).  
Adriano V. Werhli é professor do Centro de Ciências Computacionais da Universidade Federal do Rio Grande (C3/FURG). (e-mail: werhli@gmail.com).

No contexto atual de utilização dos jogos sérios, pode-se observar a sua utilização em inúmeras situações como citado *a priori*. O foco do desenvolvimento do jogo sério descrito neste artigo é de passar ao estudante do ensino médio e anos iniciais de automação conceitos fundamentais acerca da modelagem, operação e manutenção de plantas industriais, que são essenciais no meio industrial, aproximando o aluno destes tópicos e motivando-o a futuramente seguir uma carreira de engenharia. Plantas industriais podem ser descritas genericamente como um conjunto de máquinas, equipamentos, sensores e atuadores que juntos são utilizados para a manufatura de um ou vários itens.

A representação dos processos, assim como dos equipamentos envolvidos na modelagem de plantas industriais é amplamente amparada por normas internacionais que buscam a padronização destas representações, visando a utilização destes documentos em todos os níveis de fábrica.

Não é novidade o desinteresse de grande parte dos estudantes pela educação e principalmente pelas áreas das ciências exatas. Este desinteresse muitas vezes relacionado a fatores socioculturais, pessoais ou mesmo devido à falta de incentivo por parte do sistema educacional como um todo.

Isso atribuído devido que na sua grande maioria são utilizadas técnicas clássicas que focam na teoria, sem proporcionar exemplos e metodologias práticas que contextualizem e aproximem o aluno ao meio em que ele está inserido, afastando o estudante do conhecimento prático envolvido nos conceitos abordados.

Relacionado a estes entres outros problemas, o Brasil sofre anualmente com um déficit de quarenta mil profissionais das áreas de engenharia aptos para o mercado de trabalho, de acordo com dados da [3]

Este déficit de profissionais também é relacionado com o índice de evasão dos cursos de engenharia que atinge o índice de 43%, seja por mudanças de curso, abandono ou jubileamento. [3].

Observando esta realidade, cresce a importância do desenvolvimento e inserção de ferramentas que estimulem os estudantes, criando meios de aproxima-los do conhecimento. Utilizando-se de recursos que já encontram-se presentes na vida destes estudantes porem, de outras formas e para outros objetivos.

Desta forma, espera-se que este jogo possa agir como agregador de conhecimento, transmitindo ao jogador/estudante conceitos fundamentais de forma lúdica, para que este estudante no momento que necessite interpretar o básico de uma planta industrial esteja apto a compreender os diferentes processos, equipamentos e a relação entre eles de forma natural.

## II. JOGOS COMPUTACIONAIS

Atualmente está-se vivenciando uma realidade repleta pela presença dos jogos eletrônicos, que atingem não só crianças, como jovens e adultos através de diferentes contextos, meios e formas. Com a tecnologia atual, encontram-se os jogos presentes em diversos dispositivos como: computadores, consoles, websites, celulares, tablets, televisores, entre outros.

Analisando esta situação, nota-se que atualmente este nicho

de mercado vem gradativamente ganhando espaço e respeito, impulsionando a indústria dos jogos que mantem-se em crescimento acelerado, tornando-se uma das mais rentáveis dentro da grande indústria do entretenimento, conforme Fig. 1.



Fig. 1 - Dinheiro gasto com jogos eletrônicos no Brasil em 2011. [NEWZOO, 2011]

Um fato interessante é que os jogos acompanham os jogadores ao longo da vida, demonstrando o poder de envolver e manter o jogador interessado. Devido a sua natureza imersiva, os jogos permitem aos jogadores transpor os limites físicos e imergir em outras realidades, estando sujeitos à experimentação de novas ideias e conceitos, simular situações e interagir com ambientes inovadores e desafiadores que impulsionam o jogador a experimentar e testar novas situações com intuito de receber recompensas ou simplesmente observar o desenrolar da história contada.

### A. Desenvolvimento de jogos computacionais

O processo de desenvolvimento de jogos computacionais é uma tarefa complexa, devido à natureza interdisciplinar que envolve todas as etapas do desenvolvimento.

Atualmente, para que um jogo possa ser desenvolvido de forma moderna e comercialmente rentável, é necessária uma equipe diversificada, com diferentes habilidades e formações, que visam suprir todos os requisitos que o jogador espera de acordo com o tipo de jogo o qual está comprando.

O processo de desenvolvimento (Fig. 2) requer estudos e considerações que devem ser feitas em todas as etapas, desde a pesquisa de público alvo até a implementação e distribuição, de modo a proporcionar maior nível qualidade e aceitabilidade do público.

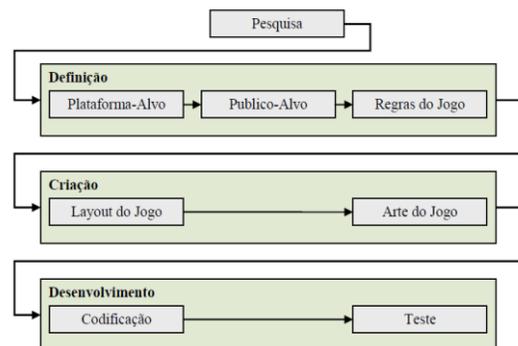


Fig. 2 - Ciclo de Desenvolvimento de Jogos [4].

As três etapas principais do processo de desenvolvimento podem ser definidas de forma ampla como:

- **Definição:** Processo de *game design*, nesta etapa é definido os requisitos tanto de hardware quanto de software, definidos os comportamentos e regras de forma a direcionar o jogo ao público-alvo esperado.
- **Criação:** Processo de definição de arte e concepção da forma de interação entre o jogo e o jogador (jogabilidade).
- **Desenvolvimento:** Processo de codificação das ideias definidas e fases de testes.

### B. Motores de Jogos

Genericamente, um motor de jogo ou *Game Engine* (GE) é um ambiente de desenvolvimento de jogos que encapsulam uma série de mecanismos reutilizáveis que tendem a abstrair determinadas tarefas que são comuns, auxiliando o desenvolvedor e melhorando a taxa de rendimento de produção. Na Figura 3 é possível visualizar os principais componentes da arquitetura ferramental de um GE.

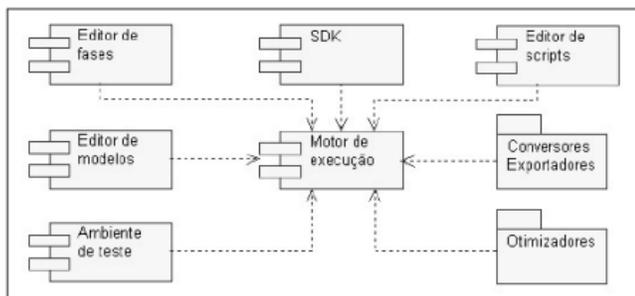


Fig. 3 - Principais componentes da arquitetura ferramental de uma GE [6].

O recurso que um motor de jogo poderá oferecer dependerá do tipo de jogo e do foco para o qual o GE foi projetado. Se foi projetado para jogos 2D, deve possuir recursos para desenho permitindo a manipulação de camadas, imagens e animação de *sprites*, detecção de colisões, técnicas para sobreposição de desenhos entre outras.

Se for projetado para jogos 3D, deverá oferecer suporte a posicionamento e manipulação da câmera, posicionamento de objetos no espaço, recursos de física, renderização entre outros.

Os GEs são bastante úteis e muito utilizados na indústria dos jogos, oferecendo formas mais ágeis de construí-los, agilizando assim, o processo como um todo. Porém, a utilização de GEs limita as possibilidades de construção dos jogos, tornando-os genéricos, impossibilitando que o *design* do jogo se distancie muito do modelo que a GE oferece e por consequência ocasionando um número elevado de jogos semelhantes em diversos aspectos ou, em muitas vezes, praticamente iguais.

### C. Considerações Finais

Os jogos eletrônicos são uma realidade e estão presentes na vida de muitos jovens e adultos, gerando um amplo e atrativo mercado, entorno destes utilizando-os de diversificadas formas e para diversos fins. Com isso, surge a necessidade de acompanhar esse mercado crescente, proporcionando aos desenvolvedores novos mecanismos e possibilitando o uso de técnicas avançadas que visam acompanhar a demanda dos jogadores que buscam novos jogos mais atrativos e que surpreendam com novas formas de jogabilidade, melhores gráficos e, acima de tudo, que proporcionem a diversão esperada.

## III. PLANTAS INDUSTRIAIS

A utilização de plantas industriais é uma prática comum e essencial em ambientes industriais. Sua utilização e estruturas formais são amparadas por normas internacionais que proporcionam alto grau de utilização em todos os níveis de produção, pois evidenciam os componentes do sistema de forma que possam ser estipuladas maneiras adequadas de desenvolvimento, proporcionando melhor aproveitamento estratégico de recursos e possibilitando análises como [5]:

- **Viabilidade Técnica:** Estudos sobre e esforços e resistência mecânica dos materiais empregados, novas materiais primas e necessidade de mão de obra especializada.
- **Viabilidade Econômica:** Custos de fabricação, vendas e margem de lucro.
- **Estética:** Estudos sobre a forma do projeto e possibilidade de exemplificar requisitos funcionais e não funcionais.
- **Ergonomia do Produto e da Produção:** Funcionalidades, facilidade de aceitação.
- **Impacto Ambiental:** Capaz de explicitar a necessidade de recursos e área.

De forma geral, todo engenheiro e técnico inserido em processos industriais devem ter conhecimento acerca de plantas industriais e suas normas delineativas, pois a negligência ou o desconhecimento pode repercutir em falhas e defeitos nos projetos industriais. Atualmente, existem diferentes ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de plantas industriais, são alguns exemplos: *Smart Plant*<sup>1</sup>, *PDS*<sup>2</sup> (*Plant Design System*) e *PDMS*<sup>3</sup> (*Plant Design Management System*).

Os diferentes processos que serão representados através de plantas industriais são modelados independentemente, devido a complexidade e a necessidade de precisão. Estes processos são representados através de *Process Flow Diagrams* (PFD) (Fig. 4), que são desenhos preliminares executados pelos projetistas de processo.

<sup>1</sup> <http://www.sisgraph.com.br/smartplant/>

<sup>2</sup> <http://www.intergraph.com/products/ppm/pds/>

<sup>3</sup> <http://www.aveva.com/plant>

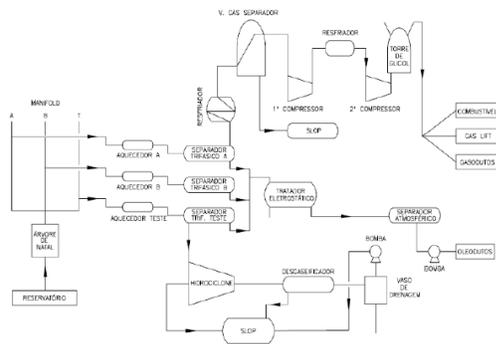


Fig. 4 - Fluxograma geral de processo de uma unidade flutuante de produção [7].

Estes desenhos devem conter os principais elementos do sistema e fluxogramas de engenharia, que consistem em fluxogramas de processo que agregam maior nível de detalhamento dos elementos já existentes e também detalham toda a malha de controle, equipamentos, máquinas, tubulações e assessorios de utilidades principais, secundárias e auxiliares. A Figura 5 é um exemplo de fluxograma de engenharia no padrão *Piping and Instrument Diagram (P&ID)*.

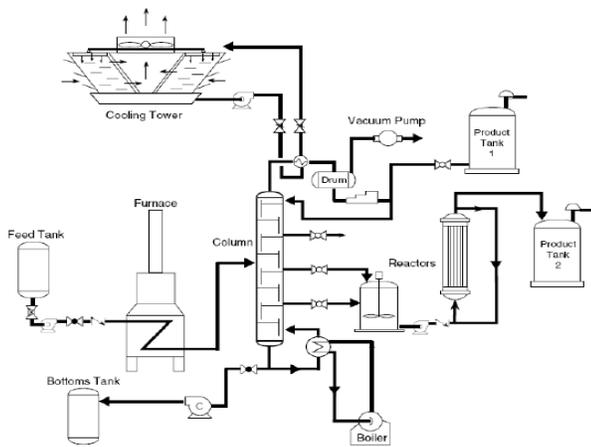


Fig. 5 - Exemplo de fluxograma de engenharia P&ID [7].

A representação de equipamentos, válvulas e instrumentos, obedece a convenções e normas e regras pré-estabelecidas. O uso correto da simbologia (Fig. 6) é essencial para a correta interpretação dos processos envolvidos. Toda a simbologia foi padronizada pelos órgãos normativos ISA e ABNT.

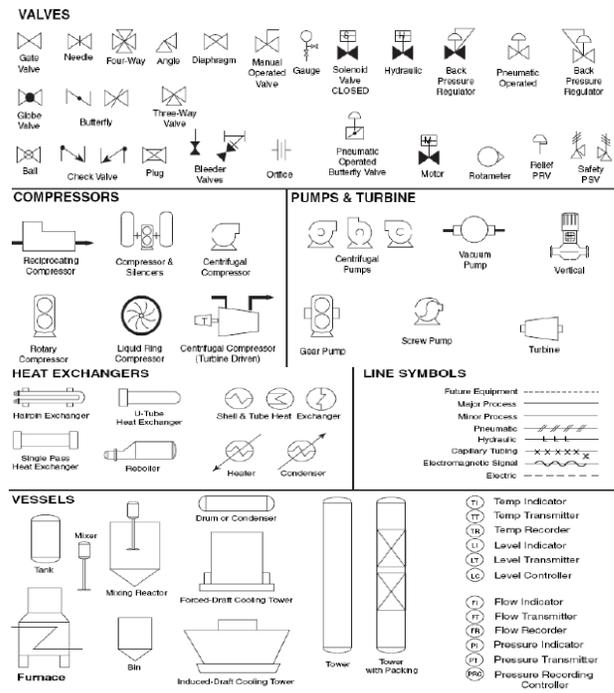


Fig. 6 - Simbologia Instrumental Básica [8].

Geralmente esta notação é utilizada em conjunto com a representação dos equipamentos e processos formando o documento chamado diagrama *Process and Instrument (P&I)*, Fig. 7), que é utilizado neste jogo sério proposto.

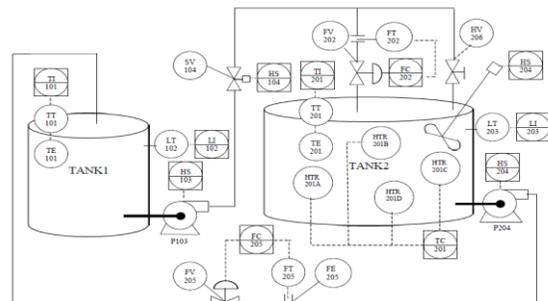


Fig. 7 - Exemplo de Diagrama P&I [7].

### B. Considerações Finais

A representação e utilização correta de plantas industriais são essenciais no processo de manufatura, pois através destas é possível realizar análises preliminares no tempo de projeção da planta, proporcionando melhor aproveitamento de recursos, detecção de falhas, impactos gerais e agregados e também viabilidade técnica. Evitando desperdício de recursos, danos a produção e que possíveis erros e falhas de projeto sejam propagados para as etapas posteriores.

#### IV. DESENVOLVIMENTO DO JOGO SÉRIO PROPOSTO

O processo de desenvolvimento do jogo sério apresentado neste artigo foi organizado com base nas técnicas de engenharia de software e desenvolvimento de jogos. Desta forma, a códiço foi estruturado e a plataforma desenvolvida de modo a conter características de *Game Engine*, mantendo o foco na necessidade de manutenção e extensão do software, de modo que o jogo possa receber novos componentes ao longo do tempo sem a necessidade de reestruturação do código principal.

##### A. Aplicação de Engenharia de Software

De acordo com [9], engenharia de software é uma disciplina de engenharia cujo foco está em todos os aspectos da produção de software, desde os estágios iniciais da especificação do sistema até sua manutenção, quando o sistema já está em uso.

A engenharia de software trabalha de forma a integrar conhecimentos sobre a ciência da computação e as necessidades do cliente. Conforme [10], o papel da engenharia de software em relação à ciência da computação, não é investigar projetos de hardware ou mesmo provar teoremas sobre a funcionalidade e eficiência de algoritmos e sim utilizá-los como ferramentas para a solução de problemas (Fig. 8).

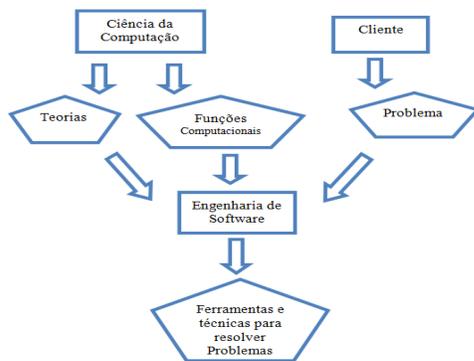


Fig. 8 - Relação entre Engenharia de Software e Ciência da Computação. Adaptado de [10].

O processo de desenvolvimento abordado nesse trabalho foi de acordo com as cinco camadas essenciais da engenharia de software: engenharia de requisitos, engenharia de sistemas, engenharia de projeto, métodos ágeis e técnicas de teste [11].

Cada uma dessas camadas é aplicada distintamente em níveis e etapas diferentes, conforme podemos observar na Figura 9.

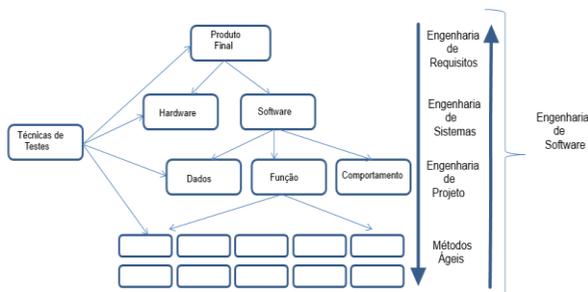


Fig. 9 - Camadas de Engenharia de Software. Adaptado de [11].

As camadas da engenharia de software podem ser descritas de forma ampla como:

- **Engenharia de Requisitos:** Levantamento e compreensão das necessidades do cliente, etapa delicada, pois com base na compreensão do problema que a melhor solução vai ser escolhida.
- **Engenharia de Sistemas:** Tem por princípio que um sistema antes que possa ser submetido ao processo de desenvolvimento. Ele deve ser entendido e relacionado com o meio no qual ele irá residir e operar, ou seja, suas necessidades técnicas, relação com usuários, conectividade com o meio, entre outros.
- **Engenharia de Projeto:** É iniciado assim que as primeiras interações entre engenharia de requisitos e engenharia de sistemas são concluídas. O objetivo geral é modelar e estabelecer um conjunto de princípios que irá levar ao desenvolvimento de um software de qualidade em nível estrutural, abordando conceitos fundamentais que irão fornecer a estrutura básica necessária para a construção correta do produto.
- **Métodos Ágeis:** Os métodos de desenvolvimento ágeis são técnicas que buscam desenvolver estruturas de forma conceitual e dinâmica para execução de projetos de engenharia de software, focando no cliente e no produto em si.
- **Técnicas de Teste:** Tecnologias e técnicas utilizadas de modo a proporcionar maior grau de confiabilidade do sistema, podem e devem ser utilizadas em todas as etapas de desenvolvimento.

##### B. Game Design

Conforme citado *a priori*, o intuito principal do jogo sério proposto e desenvolvido neste trabalho é estimular estudantes do ensino médio e superior a desenvolver conhecimentos a cerca de plantas industriais de forma lúdica.

Para tanto, foi necessário projetar uma forma de manter o processo de jogo agradável, expondo um contexto com base na realidade encontrada em ambientes industriais, de forma que o jogador sinta-se estimulado a desenvolver a engenhosidade necessária para solucionar problemas recorrentes destes meios.

O *game play* projetado (Figura 10), é do tipo *Puzzle* (Quebra-Cabeça) com jogabilidade do tipo *Drag and Drop* (Pegar e Soltar), o processo de *game play* consiste em três etapas distintas nas quais o jogador/estudante estará inserido, sendo elas:

- Inicialmente o jogador entrará em contato com um problema proposto recebendo informações acerca do mesmo e dos requisitos necessários para satisfazê-lo.
- Na sequência, terá tempo para elaborar uma planta industrial valendo-se dos tipos de componentes e da quantidade de componentes disponibilizados, de modo, que satisfaça o problema da melhor forma possível.
- Por fim, o jogador deverá executar a simulação e analisar se o seu projeto satisfaz o que foi solicitado

podendo ter que voltar a etapa de elaboração, ou cumprindo o problema e recebendo uma pontuação de acordo com o tempo e a quantidade de recursos utilizados.

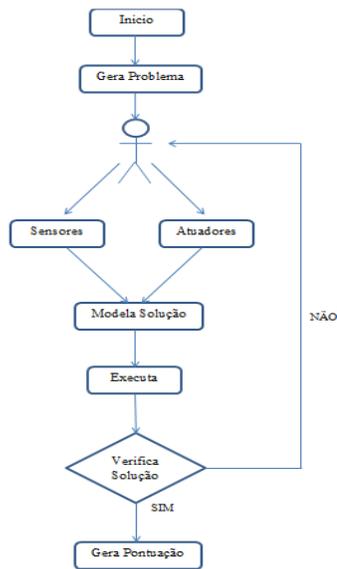


Fig. 10 - Fluxograma Base do processo de game play.

Com o objetivo de atender um número amplo de estudantes, educadores e escolas, a necessidade do processo de engenharia de requisitos tornou-se essencial, devido ao desconhecimento de alguma infraestrutura de computação bem definida nas escolas.

Dessa forma, o desenvolvimento para plataformas específicas como Windows ou Linux se tornou inviável. Sendo necessário o desenvolvimento multiplataforma e que também possibilitasse futuramente a migração para a web, tornando a linguagem de programação Java uma boa escolha para suprir estas necessidades, por se tratar de uma linguagem de quarta geração, amplamente utilizada e com alto índice de portabilidade.

Com isso, o jogo deve executar de forma adequada sobre qualquer sistema que possa ser instalado a máquina virtual Java. Na estrutura do projeto foram consideradas técnicas que buscam o ganho de desempenho tanto para a etapa de modelagem quanto de execução.

O jogador deve ser capaz de interagir, configurar e relacionar os componentes oferecidos gerando um sistema dinâmico funcional. Todos os componentes do sistema devem oferecer informações sobre a excitação das variáveis pertinentes ao sistema que esta sendo desenvolvido em tempo de execução (Fig. 11).

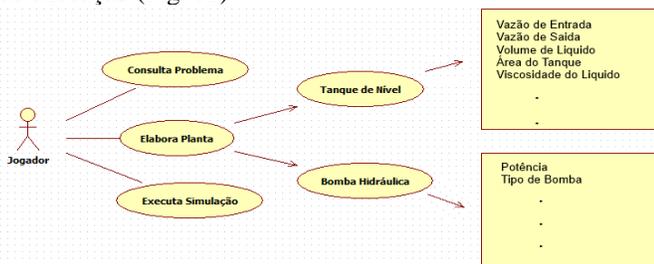


Fig. 11 - Interação dos Componentes com o Jogador.

Durante o processo de modelagem, é utilizada a representação P&ID. Por se tratar de um padrão de representação internacional bem difundido na modelagem industrial, oferecendo assim ao jogador, de forma lúdica, conhecimento sobre esta representação. Possibilitando que o estudante, ao entrar em contato com uma planta industrial real, seja capaz de reconhecer os principais componentes e as interações entre eles.

O sistema foi projetado prezando a modularidade e a independência funcional (Fig. 12). Todos os componentes devem ser responsáveis pelo controle dos seus próprios estados internos, porém o sistema como um todo dependerá da interação de diferentes componentes.

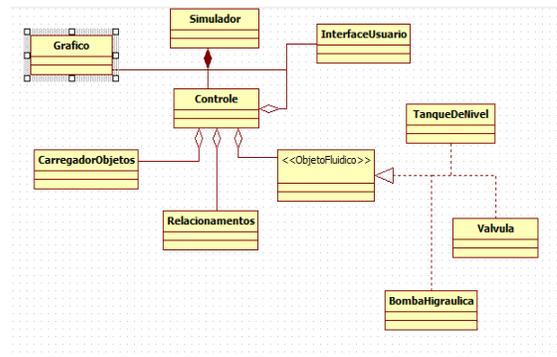


Fig. 12 - Relação Classe Controle.

Devido a isso, existe uma classe de controle que desempenha o papel de relacionar a comunicação entre diferentes objetos, sem que estes tenham conhecimento destas ligações.

Desta forma, controla-se a transferência de informações entre os diferentes módulos presentes no sistema, centralizando-os em apenas um objeto conector. Esta classe também desempenha outras funções pertinentes ao fluxo de controle e execução do sistema, sendo este modelo baseado no padrão de projeto MVC (*Model View Controller*), que foca na separação entre as estruturas responsáveis pelos modelos funcionais, etapas de visualização e de controle.

Estas, entre outras abstrações, foram definidas ao longo do projeto de modo a valorizar características como modularidade, independência funcional e extensibilidade. Com isso, espera-se que no decorrer do tempo possam ser inseridas novas características ao jogo sem a necessidade de conhecer todo o sistema ou ter que remodela-lo.

### C. Simulação

De modo a garantir a máxima fidelidade entre os processos dinâmicos e a simulação visual, foi necessário estabelecer uma série de regras do ambiente que visam manter as relações métricas dos componentes apresentados.

O jogador poderá determinar as características básicas dos seus componentes como altura, largura, diâmetro e volume. E essas características devem ser refletidas visualmente e não só conceitualmente.

Durante a etapa de execução, a unidade temporal utilizada é o segundo (s), que é obtida através da classe controle que detém posse do objeto *Thread*. Assim, a temporização pode

ser ajustada em tempo de execução, caso o jogador deseje acelerar o processo.

Os modelos dinâmicos (Fig. 13) utilizados devem ser abstraídos, visando não sobrecarregar o jogador/estudante, possibilitando que o mesmo tenha uma experiência de aprendizagem e jogabilidade fluída e simples, observando o fenômeno de forma passiva, através da observação de simulações visuais. Porém, o jogador terá a opção de conhecer os modelos empregados e também acompanhar a simulação numérica se assim desejar.

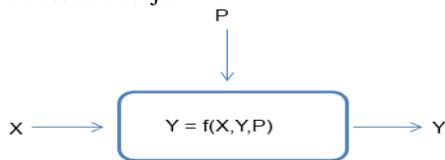


Fig. 13 - Modelo Matemático simplificado de um Processo [5].

Onde:

X = Conjunto de variáveis de entrada

Y = Conjunto de variáveis de saída

P = Parâmetros do sistema incluindo condições de contorno

Todo o processo dinâmico é encapsulado no próprio objeto. O objeto necessita apenas saber em que tipo de objeto ele está conectado, por exemplo, se um tanque de nível está conectado em outro tanque de nível, uma bomba hidráulica ou em uma válvula. Essa informação é obtida de forma transparente em tempo de execução através dos objetos conectores, como canos, que são responsáveis por transmitir essas informações para ambos os objetos conectados a ele.

Desta forma, a resposta de cada objeto dependerá do tipo de conexão. Por exemplo, se o sistema for configurado de forma a interligar dois tanques de nível de estrutura semelhante (Fig. 14) o resultado será o equilíbrio de massa entre ambos.

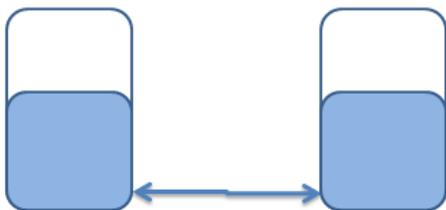


Fig. 14 - Exemplo de acoplamento de dois tanques de nível.

O que ocorre neste caso é uma relação de vazão descrita como:

A vazão total em cada tanque ( $Q_t$ ) é dada pelo somatório das vazões negativas ( $Q_n$ ), ou seja, que saem menos o somatório das vazões positivas ( $Q_p$ ) que entram.

Neste caso pode-se dizer que:

$$Q_t = \sum Q_n - \sum Q_p \quad (1)$$

Porém, neste caso, a Vazão negativa é descrita em relação pressão dada pela altura de líquido presente no tanque e a área do orifício de saída que é dada pela área da seção transversal do cano conector.

Logo, de acordo com [5], a seguinte relação pode ser obtida através de uma adequação da equação de Bernoulli para o caso de escoamentos em sistemas fluídicos laminares e incompressíveis.

$$Q_n = \text{srqt}((2 * g * h) / 1 - (d/D)^4) \quad (2)$$

Onde:

g = aceleração da gravidade;

h = Altura de Líquido no tanque;

d = Diâmetro da seção de saída;

D = Diâmetro do tanque.

Desta forma, é possível perceber que a vazão Positiva em ambos os tanques é dada pelos somatórios das vazões de todos os tanques ligados a ele.

Se o tanque for informado pelo conector que faz parte de um sistema Bomba-Tanque (Fig. 15), a vazão não é obtida de forma análoga à mostrada anteriormente. Nesta configuração, a vazão de entrada e saída dos tanques dependerá das propriedades da bomba hidráulica.

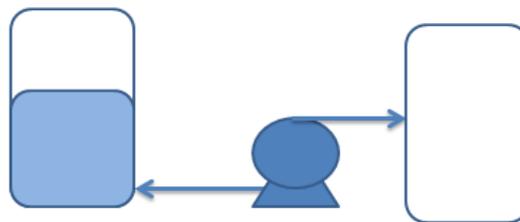


Fig. 15 - Exemplo de Sistema Tanque-Bomba-tanque.

Pode-se observar que os processos dinâmicos pertencentes aos objetos utilizados são encapsulados no próprio objeto, sem necessidade de interferência externa, os objetos apenas necessitam de informações básicas como tipos de conexões e algumas informações do ambiente como limites de área para pintura e temporização que são fornecidos pela classe controle.

## V. RESULTADOS

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos e serão exemplificados alguns casos de utilização do jogo sério desenvolvido.

A Fig. 16 mostra o painel de apresentação do jogo, devendo conter informações referentes aos requisitos, metodologia utilizada, desenvolvedores e possivelmente informações de como será possível colaborar para o avanço da plataforma. Nesta versão ainda não foi elaborado um nome para o jogo.

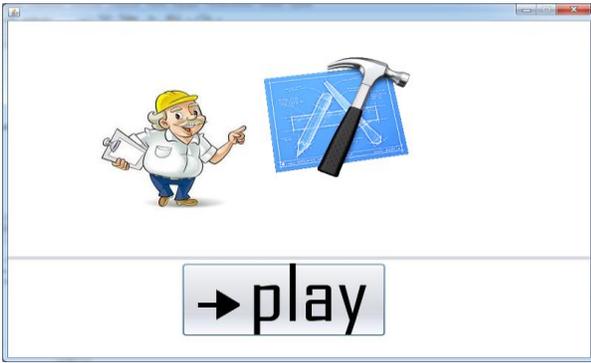


Fig. 16 - Painel de Apresentação.

A Fig. 17 mostra a etapa sede descrição dos problemas, assim como os requisitos que devem ser utilizados para chegar à solução do problema. Esta etapa esta inserida no contexto de fase, sendo assim, cada fase poderá apresentar o problema da maneira e com o layout gráfico que desejar.

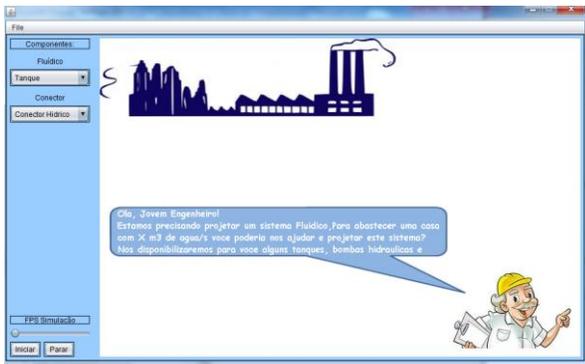


Fig. 17- Painel de Apresentação dos problemas.

Na etapa de elaboração das plantas industriais (Fig. 18), busca-se inserir o jogador (aluno) em um contexto de projetista, disponibilizando os recursos e um tempo limite para o jogador elaborar a solução adequada para o problema.

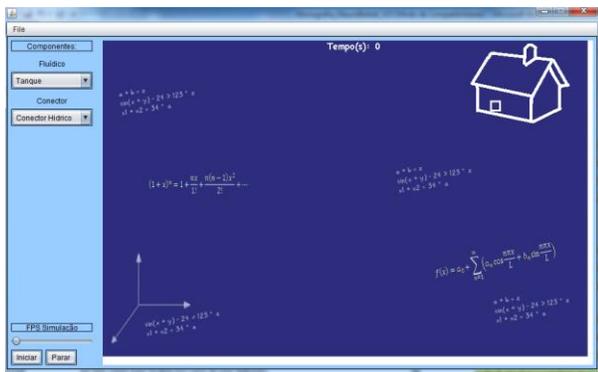


Fig. 18 - Tela de Modelagem.

A Figura 19 mostra uma planta modelada com múltiplos tanques conectados em série, ligados a uma válvula manual. Solução simples que resolve o problema de alimentar uma residência com “x” m<sup>3</sup> de água por segundo.

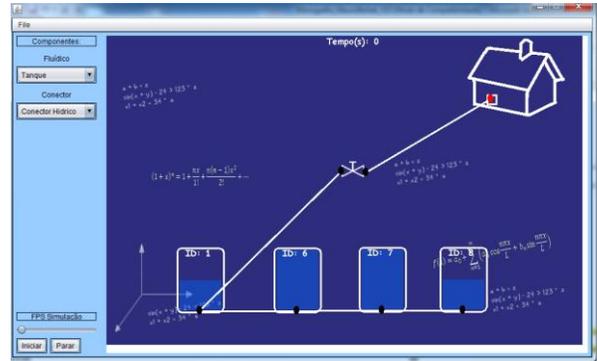


Fig. 19 - Tela de Modelagem

A Fig. 20 mostra a planta modelada durante a etapa de simulação, o contexto é transformado do padrão P&ID para um contexto mais lúdico, aproximando assim o estudante da questão modelo-implementação.

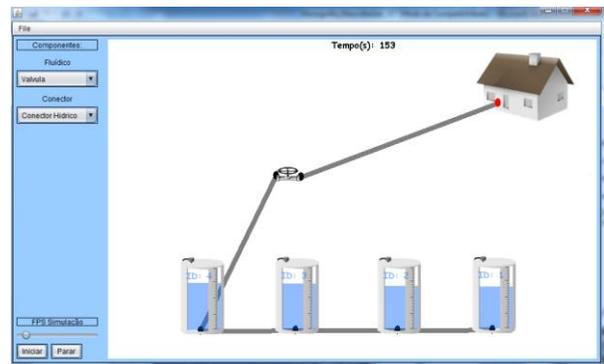


Fig. 20 - Exemplo de execução com tanques em série

Na figura 20, pode-se observar a execução de outra proposta de planta industrial para a solução do mesmo problema, porém, modelada com a utilização de diferentes equipamentos e diferentes configurações. De modo a exemplificar o conjunto de possibilidades que envolve a solução de um mesmo problema.

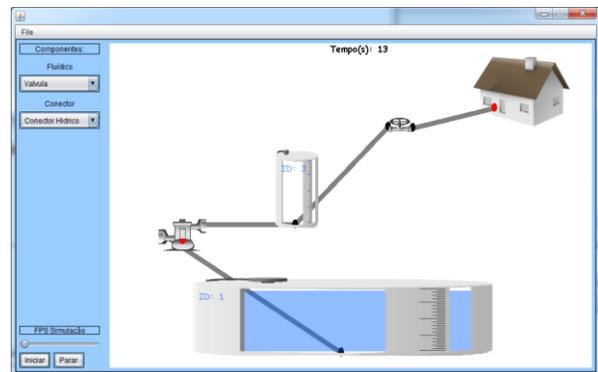


Fig. 21 - Exemplo com tanque de abastecimento

## VI. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de ferramentas que estimulem os jovens a aprender e compreender os fenômenos que os cercam é de suma importância. Pois estas proporcionam aos estudantes e educadores vias mais eficazes e estimulantes para o processo de cognição, valendo-se de tecnologias que estão presentes no cotidiano de todos.

A aplicação de técnicas de engenharia de software é exigida, pois fornecem mecanismos que buscam atender um nível superior de eficácia e qualidade tanto no processo de desenvolvimento quanto no produto final. Assim, gerando softwares de qualidade que atendam o que foi requisitado de maneira confiável.

Neste trabalho, grande parte da atenção foi voltada para as técnicas de desenvolvimento de software, de modo a gerar como resultado final uma plataforma que seja facilmente extensível. Sendo este um problema frequente durante o desenvolvimento de software e que muitas vezes é ignorado.

Como trabalhos futuros, tem-se por objetivo a ampliação deste jogo através da inserção de novos sistemas, como sistemas mecânicos, elétricos e termo-hidráulicos. Também serão inseridos outros modelos dos componentes já implementados, como válvulas automáticas e suporte a outros tipos de fluidos.

Futuramente espera-se que este jogo possa oferecer um conjunto vasto de recursos, possibilitando que o aluno seja capaz de desenvolver diversas plantas industriais para diferentes tipos de problemas, tornando assim o aprendizado a cerca de plantas industriais e instrumentação industrial o mais completo e dinâmico possível.

## REFERENCIAS

- [1]. MARTINELLI, D, P, *A utilização dos jogos de empresas no ensino de administração*. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Administração da FEA/USP. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1987.
- [2]. ALVAREZ J., RAMPNOUX O., *Serious Game: Just a question of posture?*, in *Artificial & Ambient Intelligence*, AISB'07, Newcastle, UK, April 2007, p.420 to 423
- [3]. ABENGE, *Escassez de Engenheiros no Brasil: mito ou realidade?* <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sessoestec/art1579.pdf>, 2011, COBENGE 2011
- [4]. AMAZONAS, S. D., *Desenvolvimento de Jogos 3D em Java com a Utilização do Motor Gráfico Irrlicht*, Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 2007
- [5]. GARCIA, Claudio. *Modelagem e Simulação de Processos Industriais e de Sistemas Eletromecânicos*. 2ª ed. Ver. E ampl., 1. Reimp. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2009.
- [6]. FEIJO, B., PAGLIOSA, P., CLUA, E. *Visualização, Simulação e Games*. Anais da XXIV Jornada de Atualização em Informática do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, pp. 1313-1356, Campo Grande, Brazil, Julho de 2006.
- [7]. KUPHALDT, Tony R. *Lessons In Industrial Instrumentation*, Version 0.2 – Released September 29, 2008.
- [8]. MULLEY, Raymond. *Control System Documentation – Applying Symbols and Identification*, 1993.
- [9]. SOMMERVILLE, Ian., *Engenharia de Software*, 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- [10]. PFLEEGER, Shari Lawrence. *Engenharia de Software: Teoria e Prática*. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- [11]. PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de software*. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.