

Sistema para Facilitar Aprendizado de Computação Quântica

Gustavo A. Bezerra¹

¹Departamento de Informática e Matemática Aplicada
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
Caixa Postal 1524 – 59.078-970 – Natal – RN – Brasil

Abstract. *With the decreasing size of transistors and the constant demand for more processing power, it was necessary to develop new technologies to supply it. Therefore, the concept of Quantum Computers was created. The purpose of Quantum Computer is to boost the processing power with Quantum Mechanics properties and still being able to reduce the size of devices. However, since a new paradigm was created, some basic Computer Science concepts must be reformulated. This work proposes an auxiliary system to help Computer Science enthusiasts to enter the Quantum Mechanics world, merging both study fields.*

Resumo. *Com a diminuição do tamanhos dos transistores e a constante demanda por mais poder de processamento, fez-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para supri-la. Logo, o conceito de Computadores Quânticos foi criado. O propósito do Computador Quântico é impulsionar o poder de processamento através das propriedades da Mecânica Quântica e ainda ser capaz de reduzir o tamanho dos dispositivos. Entretanto, como um novo paradigma foi criado, alguns conceitos básicos da Ciência da Computação necessitam serem reformulados. Este trabalho propõe um sistema auxiliar para ajudar entusiastas da Ciência da Computação a adentrar o mundo da Mecânica Quântica, mesclando ambas as áreas de estudo.*

1. Introdução

Um dos problemas em estudar Computação Quântica ou mesmo Mecânica Quântica é a necessidade constante de conceitos de Álgebra Linear. Somado a isto, é necessário rever todos os conceitos utilizando a notação de Dirac. A notação de Dirac, apesar de facilitar o trabalho das contas, tende a assustar e desestimular aqueles que possuem um interesse mínimo na área. Para complicar ainda mais a situação, muitos conceitos de quântica são contra-intuitivos; desafiando até mesmo a lógica com a qual a humanidade está acostumada a utilizar diariamente.

O problema principal consiste na lenta curva de aprendizado na área de Computação Quântica. Essa curva deve-se não só à necessidade de que todos os conceitos básicos de Álgebra Linear tenham sido aprendidos; como também que muitos tópicos são contra-intuitivos (ex.: estados emaranhados). A ideia original do projeto é facilitar o aprendizado de estudantes iniciais e, principalmente, diminuir a quantidade de evasão de pessoas interessadas.

2. Motivação e Objetivo

Esse trabalho faz-se importante à curto prazo, já que a área de Computação Quântica está chamando cada vez mais atenção atualmente. É uma subárea da Ciência da Computação razoavelmente recente, com muito potencial para exploração e integração com demais subáreas. O projeto é importante à longo prazo também pois a tendência é que os computadores quânticos se tornem cada vez mais comuns. Sendo assim, o conhecimento básico será cada vez mais necessário (por exemplo, para gerenciar um servidor).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é de facilitar o aprendizado da parte introdutória de computação quântica. Favorecendo, então, num futuro distante, uma melhora para o desenvolvimento tecnológico do país.

3. Artefatos da Semiótica Organizacional

Um dos objetivos dos artefatos da Semiótica Organizacional [Stamper 2001] é facilitar no desenvolvimento de alguma programa. Entretanto, a utilização de artefatos proporciona uma visão de fora pra dentro, contratada com uma visão de dentro pra fora. Sendo assim, o desenvolvimento do software é mais direcionado a humanos. Uma consequência da visão de fora pra dentro é o mapeamento de questões sociais e a identificação de impactos que podem ser ocasionados pelo software a curto, médio e longo prazo.

Os artefatos que serão abordados são: Partes Interessadas (PI), Quadro de Avaliação e a Escada Semiótica. O PI visa identificar stakeholders: pessoas ou organizações que estão envolvidas com o sistema e serão impactadas por ele direta ou indiretamente. O Quadro de Avaliação foca em levantar questões relevantes para cada camada do PI. A escada Semiótica busca identificar questões iniciais relacionadas apenas ao domínio do problema.

3.1. Partes Interessadas

Este artefato tem como objetivo entender o problema ou ideia, e determinar o escopo de partes diretamente ou indiretamente interessadas no problema e no impacto ocasionado nelas pela solução apresentada. O artefato é estruturado em camadas. Cada camada possui stakeholders. As partes mais internas do diagrama abrangem os stakeholders que estão envolvidos mais diretamente com o software, ou que influenciam ou são impactados mais diretamente.

O diagrama de Partes Interessadas possui as seguintes camadas (da mais interna pra mais externa): operação, Contribuição, Fontes, Mercado e Comunidade. A operação indica o domínio de análise e qual sistema será criado. A contribuição apresenta os atores e responsáveis que estão envolvidos diretamente com o problema ou solução. As fontes são os clientes e fornecedores; eles são fontes de informações para o domínio do problema. O mercado tem os parceiros e Concorrentes que fazem parte do mercado relacionado, logo, podem estar interessados no desenvolvimento do software ou possuírem software semelhante. A comunidade contém os espectadores e Legisladores que representam a comunidade que serão influenciados pelo sistema, mas de modo indireto, estão mais relacionados a um contexto social.

Observando os stakeholders presentes na Figura 1, é possível realizar algumas notas.

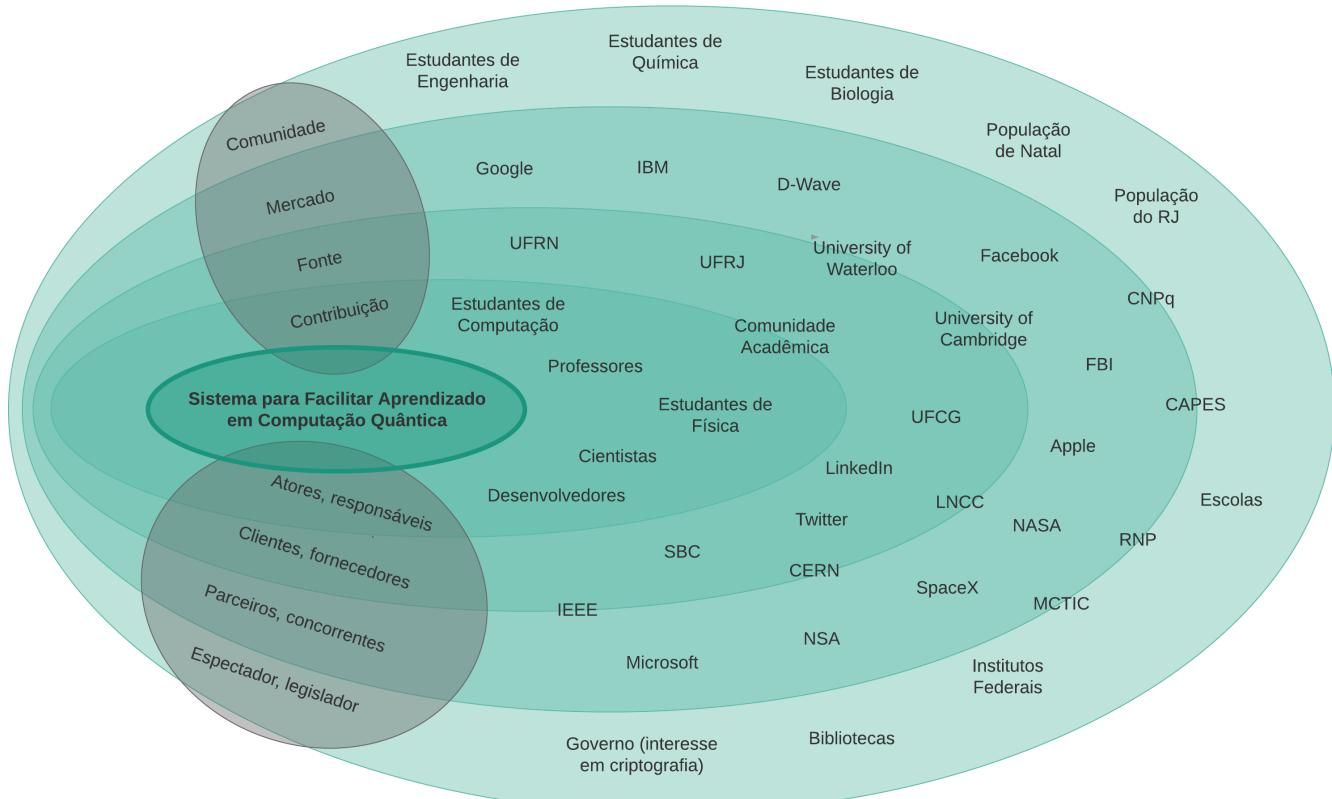


Figure 1. Diagrama de Partes Interessadas

- Destacou-se em sua maioria universidades e empresas que já possuem atividades relacionadas à computação quântica.
- A D-Wave é uma das primeiras empresas a comercializar computadores quânticos.
- O FBI e o NSA podem ter interesse no software justamente por tratarem de questões de segurança.
- A UFRN não possui estudos em computação quântica formalmente, mas há grupos de estudos nos quais esse software poderia ser utilizado.
- A População do RJ está especificamente mencionada como espectador pois o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) fica localizado em Petrópolis, no estado do Rio de Janeiro.
- Estudantes de Química e Biologia se beneficiarão indiretamente da solução já que a simulação de sistemas quânticas é de grande interesse para essas áreas.
- O Twitter e o LinkedIn estão situados na camada de fonte pois visa-se identificar quais partes da Computação Quântica mais intrigam os estudantes. A identificação dessas partes será feita através de Hashtags.
- A IEEE está na camada intermediária entre Fonte e Mercado já que a IEEE como um todo está inserida no mercado. Entretanto, existem grupos como a Computer Society, que estão inseridas mais diretamente num contexto universitário e mais propensos a disponibilizar feedback.

3.2. Quadro de Avaliação

O objetivo do Quadro de Avaliação (QA) é usar o stakeholder identificados no PI e gerar questões e soluções. Proporcionando, então a articulação do problema durante as etapas iniciais do processo e na busca para a solução ideal para o problema sendo abordado. O QA tem formato de tabela e cada linha representa uma camada do PI. É possível que o QA retroalimente o PI e vice-versa, favorecendo a detecção de mais stakeholders e fatores relevantes ao problema.

O Quadro de Avaliação para o sistema de auxílio à aprendizagem de Computação Quântica encontra-se na Tabela 1.

Table 1: Quadro de Avaliação

Stakeholders	Problemas e Questões	Ideias e Soluções
Operação	Como fazer para simular circuitos muito complexos? Como facilitar o aprendizado de Quântica? Como facilitar o aprendizado da Álgebra Linear? Como fazer para que pessoas com necessidades especiais utilizem o sistema? O sistema será distribuído gratuitamente ou não?	Só serão simulados circuitos simples (dar um limite de componentes). Por ser algo muito abstrato, mostrar várias representações para qubits e o estado passo-a-passo em circuitos. Índice para consultas de conceitos de Álgebra. O sistema será distribuído gratuitamente com o intuito de ensinar os tópicos básicos, visando atrair mais pessoas para a área.
Contribuição (Atores e Responsáveis)	Como estimular os estudantes a utilizarem o software? Como aumentar a permanência de estudantes na área? Como tornar o software abrangente o bastante para ser utilizado por professores da disciplina? Como atrair estudantes e professores para que colaborem com o desenvolvimento do sistema? Como estimular a colaboração entre professores e estudantes? Como diminuir o gap entre os cientistas (pesquisadores) e os alunos?	Alguns exercícios com resposta. Pedir para o aluno prever o estado após aplicação de um estado do circuito. Criação de projetos de pesquisa ou ações de extensão. Realização de congressos, chamando os estudantes para trabalhar como voluntários. Realizando minicursos sobre o assunto ou sobre como utilizar a ferramenta. Estimulando os professores a ministrar aulas sobre o assunto ou a criar grupos de estudos.

Fonte (Clientes e Fornecedores)	Em que contexto o software pode ser utilizado pelas Universidades além da aula? Como fazer com que as Universidades tenham interesse de utilizar o sistema? Quais dados seriam interessantes para as Universidades? Quais dados podem ser fornecidos pelas universidades? Algun tipo de feedback em torno das disciplinas relacionadas que os alunos possuem mais dificuldade? Em quais pontos pode-se ajudar a SBC? Influenciando a criação de um novo congresso? Adicionando perguntas do tema no POSCOMP?	Pedir para fazer um formulário com áreas de baixa compreensão de Quântica. Usar o Twitter e o LinkedIn para descobrir quais partes de computação quântica mais interessa ao público. Beneficiar o aprendizado de grupos de estudo da Computer Society
Mercado (Parceiros e Concorrentes)	Como as empresas podem se beneficiar do software? Seria mais interessante para as empresas fazer uso do software para aprendizado ou desenvolver um novo? Como fazer a divulgação do sistema? Como diferentes parceiros podem contribuir com o sistema? Como os concorrentes reagirão à criação do sistema?	Contratando pessoas que a utilizaram ou fazendo com que seus funcionários o usem para aprendizado. Fazer uma divulgação inicial online por meio das redes sociais, principalmente LinkedIn e Twitter.
Comunidade (Espectador e Legislador)	Que impactos serão sentidos na comunidade? É possível fazer com que a comunidade tenha ao menos noção da existência e da necessidade da área? Quais as implicações legais para a criação do software do sistema? Haverá problema ao se fazer referência à livros?	Impactos a longo prazo: criação de polos tecnológicos (potencialmente movimentando a economia local) e aumentando o interesse de leigos na área. Cientistas de outras áreas se beneficiam pela facilidade de simulação de cenários. Citar adequadamente os materiais utilizados como base.

3.3. Escada Semiótica

A Escada Semiótica tem como objetivo levantar questões relativas e relevantes baseados apenas no domínio do problema, relacionadas as plataformas tecnológicas e funções do

sistemas de informação humano. Semelhante ao Quadro de Avaliação, pode ser representado em formato de tabela. Possui seis linhas, onde as três primeiras estão mais focadas com o ser humano e as três últimas estão mais preocupadas com aspectos da plataforma tecnológica.

As seis linhas da Escada Semiótica são: Mundo social (abrange contextos de crenças, expectativas, funções, leis cultura e semelhantes), Pragmático (intenções, comunicação, conversação, negociações, etc.), Semântico (significado, propósito, validade, denotação, entre outros), Sintático (estrutura formal, linguagem, lógica, dados, software e semelhantes), Empírico (padrões, diversidade, ruído, entropia, redundância, eficiência, etc.), Mundo Físico (sinais, trilhas, hardware, velocidade, entre outros).

Table 2: Escada Semiótica

Nível	Questões Iniciais Envolvidas
Social	Os estudantes serão estimulados a usar a ferramenta? Como será medido o nível de aprendizado do aluno? Os alunos se interessariam por um espécie de curso com certificado? A inserção do sistema nas universidades irá melhorar a percepção da quântica pela sociedade? Qualquer pessoa pode ter acesso e utilizar o sistema?
Pragmático	Como divulgar o software para a comunidade interessada na área? Como incentivar novos usuários? As universidades aceitariam "certificado" de conclusão de exercícios do software? Como realizar parcerias entre universidades ou empresas para estimular o uso do sistema? Como manter o foco do usuário enquanto utiliza o sistema? Como incentivar o usuário a reutilizar o sistema?
Semântico	Como garantir o entendimento do aluno sobre as várias representações de um estado quântico? Todas as quatro representações serão exibidas em tela simultaneamente? Como um circuito será representado visualmente? Como será representada cada porta lógica? Como o usuário irá interagir com os circuitos?
Sintático	Há uma linguagem mais adequada para simulação de Álgebra Linear do que Python? Como será o formato de arquivos dedicados a armazenar os circuitos simulados? Será utilizado alguma linguagem de marcação específica para exibição do circuito? Quais bibliotecas serão necessárias? Scipy e Numpy são suficientes? Quais padrões de projeto devem ser utilizados?
Empírico	Será dedicado apenas a Linux e/ou Windows? Quantos qubits poderão ser simulados? Qual o limite de armazenamento? Há necessidade de ser tempo real? Será necessário conectividade com a internet? Como garantir a manutenção do sistema?

Físico	Quais serão os limites de hardware para executar o software? Será necessário um servidor e uma base de dados? Como e onde hospedar ambos? É necessário acoplar algum complemento de hardware à arquitetura de Von Neumann? Qual o poder de processamento necessário? Qual o mínimo de memória requerida? Terão versões futuras para mobile?
--------	---

4. Braindraw

O objetivo do Braindraw é que um grupo em conjunto forneça uma interface para o sistema. Uma vantagem do Braindraw é que ele permite que ideias sejam aproveitadas independente de fatores hierárquicos que porventura existam em uma empresa ou grupo. Uma outra vantagem é que cada pessoa fornece sua visão pessoal de como deve ser a interface do sistema. Sendo assim, o resultado final tende a ser mais abrangente possível e uma interface mais amigável a um público maior é gerada.

O processo do Braindraw consiste em unir um grupo de pessoas (no mínimo quatro, idealmente) e cada pessoa tem um tempo para desenhar sua visão da interface do sistema. Esse tempo pode variar de cinco a quinze minutos, dependendo do nível de detalhe desejado, harmonia e limitações do grupo. Após o término desse período de tempo, cada pessoa passa seus desenhos para a pessoa ao lado (em sentido horário ou anti-horário escolhido previamente). Cada pessoa, então, deve dar continuidade à ideia expressa no papel, que a junção da(s) ideia(s) da(s) pessoa(s) anterior(es). Essa primeira etapa terminada quando todos receberem de volta o papel no qual começaram a desenhar. A segunda etapa consiste em discutir os resultados obtidos e gerar, em conjunto e igualitariamente, a interface final da solução.

O presente Braindraw foi realizado com quatro pessoas. Uma cuja especialidade é a área de computação quântica; outras duas pessoas da área de computação, mas com ênfase em sistemas embarcados (para adicionar a visão de pessoas já acostumados com simuladores de circuitos) e uma última pessoa que não era da área de computação (com o intuito de adicionar impressões de pessoas completamente leigas). Cada pessoa tinha cinco minutos para desenhar antes de passar a folha para a seguinte. Durante o Braindraw, focou-se mais a parte de simulação de circuitos e menos a parte de um tutorial introdutório para computação quântica.

O resultado da primeira fase pode ser visto nas Figuras 2 a 5. Após a discussão, o resultado da segunda fase do Braindraw pode ser visto na Figura 6.

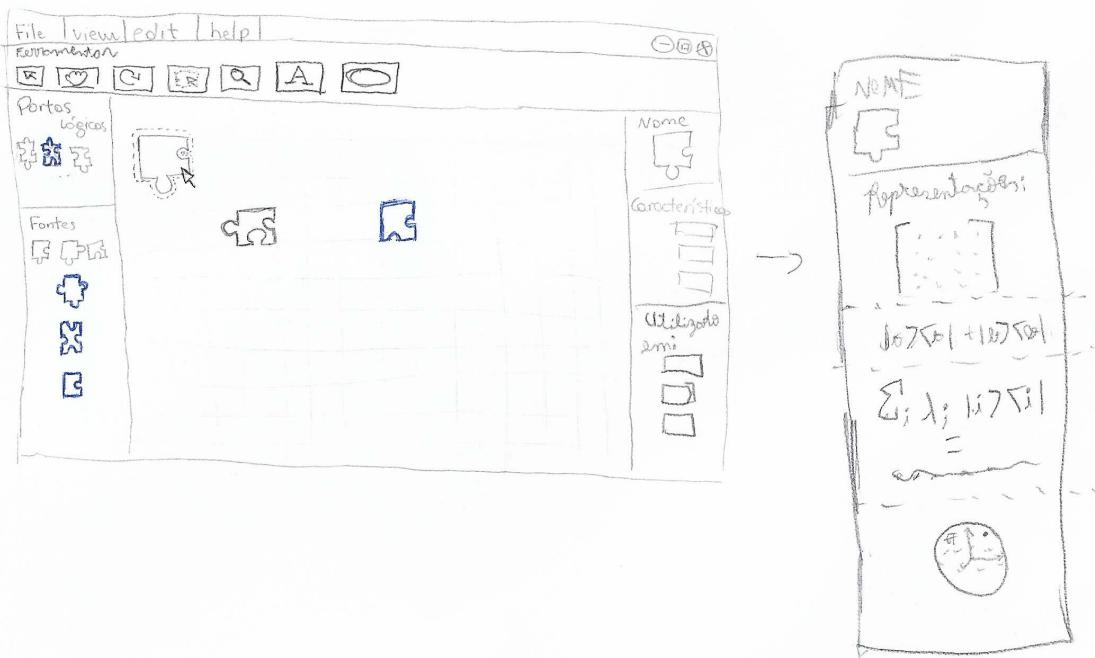


Figure 2. Primeira Etapa do Braindraw - Folha iniciada pela Pessoa 1

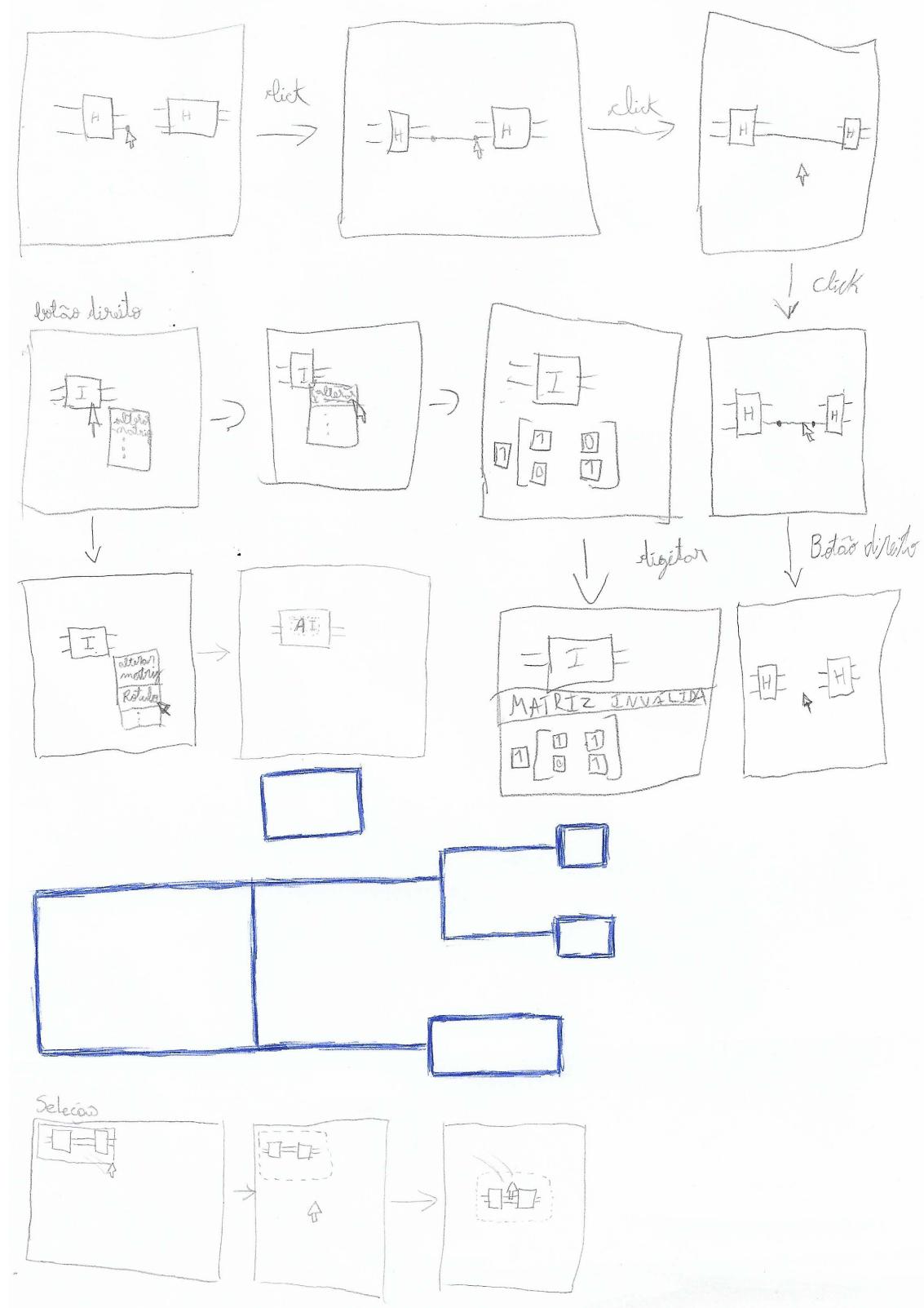


Figure 3. Primeira Etapa do Braindraw - Folha iniciada pela Pessoa 2

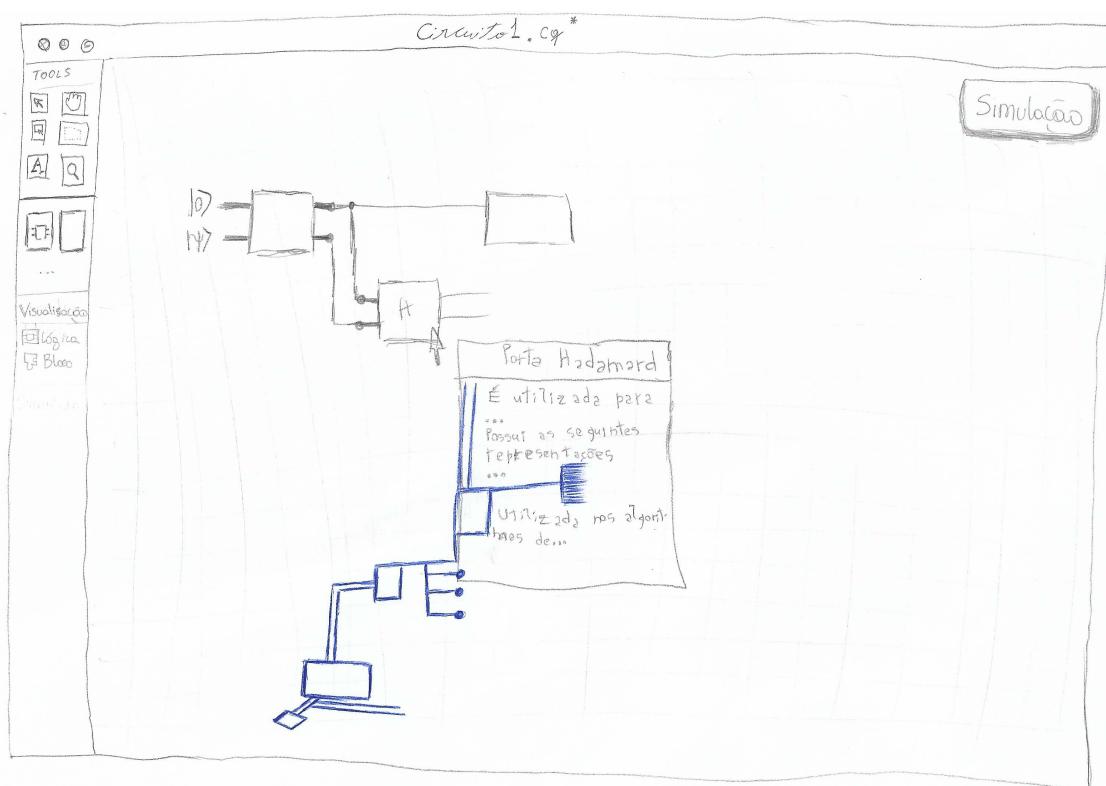


Figure 4. Primeira Etapa do Braindraw - Folha iniciada pela Pessoa 3

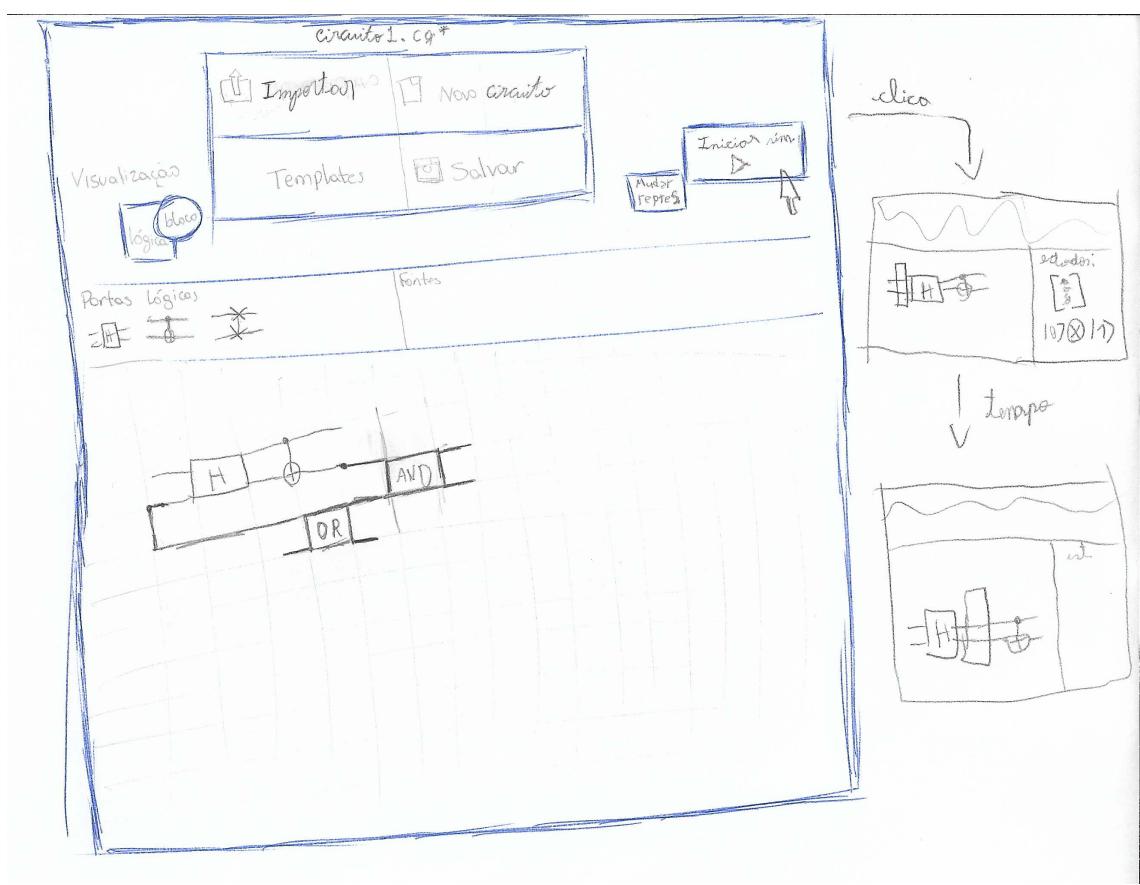


Figure 5. Primeira Etapa do Braindraw - Folha iniciada pela Pessoa 4

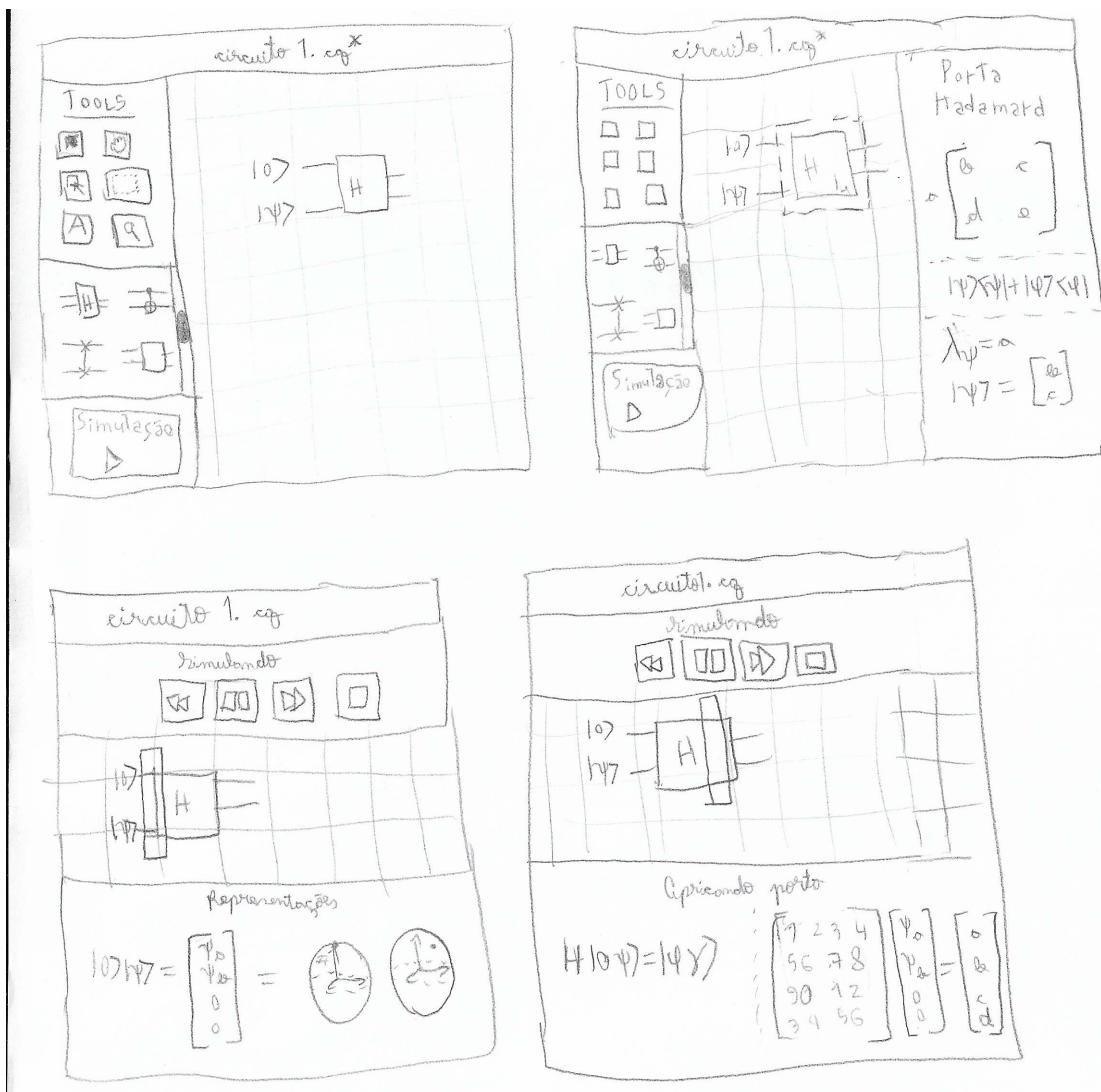


Figure 6. Segunda fase do Braindraw - Consolidação da interface.

5. Requisitos

Ao término da discussão do Braindraw e juntando as informações dos Artefatos da Semiótica Organizacional, decidiu-se por fazer uma aplicação desktop para o sistema.

Tinha-se pensado em uma interface web, a qual deve ser mais propícia para o tutorial. Entretanto, visando obter uma melhor performance de simulação, sem limitar-se à navegador algum, optou-se pela aplicação desktop.

Logo, levantaram-se alguns requisitos do sistema, já tentando prever o seu funcionamento e todas as funcionalidades providas pelo sistema. Nessa etapa, observou-se, também a necessidade da introdução de um tutorial no sistema.

Os requisitos foram organizados em tabela, cada linha contém um identificador do requisito, sua descrição mais detalha e se há alguma dependência em relação a outros requisitos. Além disso, adicionou-se a respectiva prioridade de desenvolvimento.

Table 3: Requisitos

Nome	ID	Descrição	Prioridade	Dependência
Simular circuito	R0	O circuito que está montado na tela principal será executado passo-a-passo. Os Haverá uma barra verde exibindo qual parte do circuito está sendo simulada e uma tela auxiliar exibindo as matrizes que estão envolvidas na operação atual.	MÉDIA	
Criar/Carregar circuito	R1	Inicia o projeto de um novo circuito do zero ou retoma um projeto que foi iniciado anteriormente e está salvo em algum arquivo. Projetos iniciados anteriormente podem ser os circuitos de exemplo.	ALTA	
Salvar circuito	R2	Escreve o circuito atual em um arquivo de modo que o programa possa carregá-lo (reconstruí-lo) a partir desse arquivo.	MÉDIA	R1
Adicionar componentes	R3	Adiciona um novo componente no circuito (seja porta lógica ou qubit). O componente adicionado não precisa estar conectado aos demais.	ALTA	R1
Remover componentes	R4	Remove um componente que está no circuito, independente de estar conectado a outros componentes	ALTA	R1
Pausar simulação	R5	Enquanto a simulação está sendo executada passo-a-passo, é possível pausá-la para que o usuário acompanhe as operações realizadas com mais calma.	BAIXA	R0

Retomar simulação	R6	Após pausar a simulação, é possível fazer com que ela retome a velocidade original de simulação.	BAIXA	R5
Parar simulação	R7	Após a simulação ter sido iniciada, deve ser possível cancelar sua execução	ALTA	R0
Ampliar/reduzir	R8	Ampliar ou reduzir visualização do circuito em tela	BAIXA	R1
Iniciar Tutorial	R9	O sistema possui um tutorial para que os usuários iniciantes possam se acostumar a como fazer um circuito. O objetivo do tutorial é também o de ensinar as noções básicas para computação quântica e facilitar que o usuário se acostume com as diferentes notações utilizadas	ALTA	R0, R1
Exibir Tópicos	R10	O tutorial estará dividido em tópicos. Uma lista poderá ser exibida ao usuário com todos os tópicos a serem abordados	MÉDIA	R9
Carregar Tópico	R11	O tutorial estará dividido em tópicos. O usuário pode escolher qual tópico estudar dependendo dos seus conhecimentos prévios. Um tópico poderá conter perguntas ou demandar atividades específicas.	MÉDIA	R10
Concluir Tópico	R12	Quando um tópico for concluído pelo usuário, ele deve ser exibido de modo diferente. Com uma linha riscada ou com um checkmark ao lado.	BAIXA	R10
Iniciar Atividade	R13	Após determinado conteúdo ter sido introduzido, o usuário poderá fazer uma atividade para testar seus conhecimentos. Essa atividade pode ser uma pergunta ou a requisição de um circuito que possua determinados input e output.	MÉDIA	R0, R1, R11
Retornar ao Tópico	R14	Caso o usuário esteja em dúvida em relação a uma atividade, deve ser possível que ele retorne ao tópico que acabou de estudar para retomar o conteúdo. O estado atual da atividade de ser salvo.	BAIXA	R13, R2

Retornar à Atividade	R15	Após revisar um conteúdo, o usuário deve ser capaz de retornar à atividade e continuar exatamente de onde parou.	BAIXA	R14
Resetar Atividade	R16	O usuário pode desejar reiniciar a atividade do zero. Todas as mudanças feitas depois do estado inicial da atividade devem ser descartadas	BAIXA	R13
Verificar Resposta	R17	Após o usuário responder a pergunta ou terminar o circuito, o programa deve ser sinalizado que a resposta foi concluída. Posteriormente, o programa dará um feedback para o usuário caso a resposta esteja correta ou errada.	MÉDIA	R13
Continuar Tópico	R18	Caso a resposta de uma atividade esteja correta, deve ser exibida ao usuário uma opção de continuar lendo sobre o tópico	MÉDIA	R13

6. Personas e Cenários

Visando consolidar ainda mais a ideia, fez-se uso de Personas e Cenários. O objetivo dessa técnica é tentar imaginar como pessoas reagiriam ao sistema e quais fatores poderiam influenciar na usabilidade das mesmas. Para realizar tal exercício mental, é necessário criar pessoas fictícias (Personas) e com contextos diferentes. Essas pessoas podem ser instâncias de stakeholders.

Posteriormente, imagina-se como seria se cada uma dessas personas fizesse uso do sistema. Os contextos de uso, bem como os objetivos e funcionalidades exploradas podem variar. A concepção de tais contextos dá origem aos Cenários de utilização do sistema.

6.1. Personas

Analisando-se os stakeholders, achou-se que as seguintes Personas poderiam fazer uso do sistema:

- Ranna Gessy, 22 anos, é graduanda de Bacharelado em Física pela UFRN. Ela está concludo o curso e está decidindo em qual área realizará sua especialização. Ranna se interessou bastante pela parte de física quântica durante os dois últimos períodos do curso ao estudar para as disciplinas de Quântica I e Quântica II. Ranna está muito ocupada com as matérias de final de curso, especialmente Quântica II e o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Apesar de se interessar pela área, o TCC será realizado na área de Astronomia, analisando um banco de dados para detecção de anãs brancas. Em sua busca por uma área de especialização em quântica, ela se deparou tanto com a parte de computação quanto de informação

quântica. Ranna encontrou informações no Google sobre um software de aprendizado de Computação Quântica e resolveu usá-lo um pouco para verificar se tinha afinidade com a subárea.

- Paola Raabe, 18 anos, acabou de entrar no curso de Tecnologia da Informação da UFRN. Ela está muito empolgada com o curso, apesar de só estar cursando as disciplinas introdutórias de programação e de matemática (como Cálculo I e Vetores e Geometria Analítica). Na sua empolgação, ouviu falar de um grupo de estudos de Computação Quântica que estava sendo organizado por alunos mais avançados no curso. Ela acha as reuniões do grupo bastante interessantes, apesar de conseguir entender as coisas superficialmente e dos colegas se esforçarem para explicar o conteúdo para ela do melhor modo possível. Com a ajuda dos seus colegas e com esforços extra-classe, ela tem conseguido entender cada vez mais das reuniões, apesar de sempre considerar que não está absorvendo todo o conteúdo. Enquanto discutia com um dos membros do grupo de estudos, indagou-o sobre a dificuldade que possuía de ver os tópicos abordados sendo aplicados na prática, pois tudo parecia-lhe muito abstrato. O membro recomendou que ela utilizasse um determinado software para aprendizado de computação quântica e que seguisse o tutorial, tentando fazer os exercícios e, quando tivesse dúvidas, ele poderia saná-las.
- O professor Renato Bezerra tem 30 anos e foi aprovado recentemente para dar aula na Universidade Federal do Ceará, no Campus de Russas. Atualmente, ele está dando aulas sobre estrutura de dados e compiladores, o que o deixa bastante ocupado já que é a primeira vez que leciona tais disciplinas. Além disso, a coordenadoria do curso está planejando realizar mudanças na grade curricular do curso, ocasionando deveras reuniões semanais. Sem contar com dois alunos orientandos e mais dois artigos em processo de desenvolvimento para serem publicados até o fim do ano. Enquanto revisavam a grade curricular, Renato Bezerra teve a ideia de ministrar aula de uma disciplina optativa no período seguinte: "Introdução à Computação Quântica". Disciplina que contemplaria sua área de expertise. Entretanto, ele reconhece a dificuldade dos alunos no aprendizado e aplicação dos conhecimentos de Álgebra Linear; junto com a curva de aprendizado lenta por conta de mudança de notação. Ele recorda, porém, que durante seu doutorado, ouvira falar de um software cujo propósito é facilitar o aprendizado de Computação Quântica. Renato Bezerra resolve, então, analisar o software para julgar se a utilização dele durante a disciplina pode ser benéfica aos alunos de alguma forma.

6.2. Cenários

Considerando as possibilidades de uso do sistema para cada Persona, imaginou-se os seguintes cenários (seis cenários foram supostos, dois para Persona):

1. Ao instalar e abrir o software, Ranna Gessy viu que havia uma tutorial no programa e resolveu abri-lo. Ao examinar a lista de tópicos, viu que já conhecia bastante conteúdo teórico do tutorial por conta dos seus conhecimentos do curso de Física. Então, ela procura os tutoriais específicos sobre computação quântica e percebe a necessidade de retomar a partes iniciais do tutorial para aprender a usar o software e a como montar um circuito.

2. Durante o tutorial, Ranna Gessy, viu que era possível simular circuitos. Explorando o software, viu que era possível carregar circuitos já prontos. Ela resolveu, então, carregar um circuito que considerou num nível intermediário e simulá-lo, buscando entender por conta própria o que estava acontecendo. Para isso, foi necessário que visse qual operador linear era representado por cada porta lógica.
3. Enquanto realizava uma atividade inicial de um tutorial, Paola Raabe não estava conseguindo resolver a questão requisitada. Após voltar ao tutorial algumas vezes e não obter sucesso na resolução da questão, Paola resolve imprimir o circuito e a parte anterior do tutorial para levar no encontro do grupo de estudos que ocorrerá no dia seguinte.
4. Depois de avançar consideravelmente nos seus estudos e após aprender a utilizar o software corretamente, Paola Raabe finalmente depara-se com o algoritmo de Deutsch. Tentando entender cada passo do algoritmo apropriadamente, Paola Raabe executa a simulação do circuito e pausa sempre que uma nova operação será realizada sobre os qubits, fazendo as contas à mão e verificando o resultado posteriormente.
5. No seu primeiro contato com o sistema, ao ver que o software disponibiliza um tutorial, o professor Renato Bezerra resolve ver quais tópicos são abordados. Ele possui muito pouco tempo disponível, então ele realiza um skimming no texto para avaliar o conteúdo superficialmente. Julgando assim, como poderá utilizar aquele material em suas futuras aulas.
6. Ainda enquanto analisava o software para decidir se utilizaria durante as suas aulas ou não, Renato Bezerra decidiu testar os limites de simulação do software. Para isso, ele carregou o circuito de Deutsch dado como exemplo (que requer apenas dois qubits) e o estendeu. Sempre que ele estendia o circuito (adicionando uma qubit), ele simulava o circuito para verificar se a simulação ficaria muito lenta.

6.3. Mockup e Fluxo de Telas

Após a realização do Braindraw e da geração de Personas e Cenário, já é possível a fazer um Mockup, de modo a simular mais fidedignamente a interface desejada para o sistema.

O Fluxo de Telas tem como objetivo simular as interações (Cenário) do usuário (Personas) com o sistema. Sendo possível, assim, validar o Mockup concebido. As telas foram geradas utilizando-se o Balsamiq.

As Figuras 7 a 9 ilustram o Mockup.

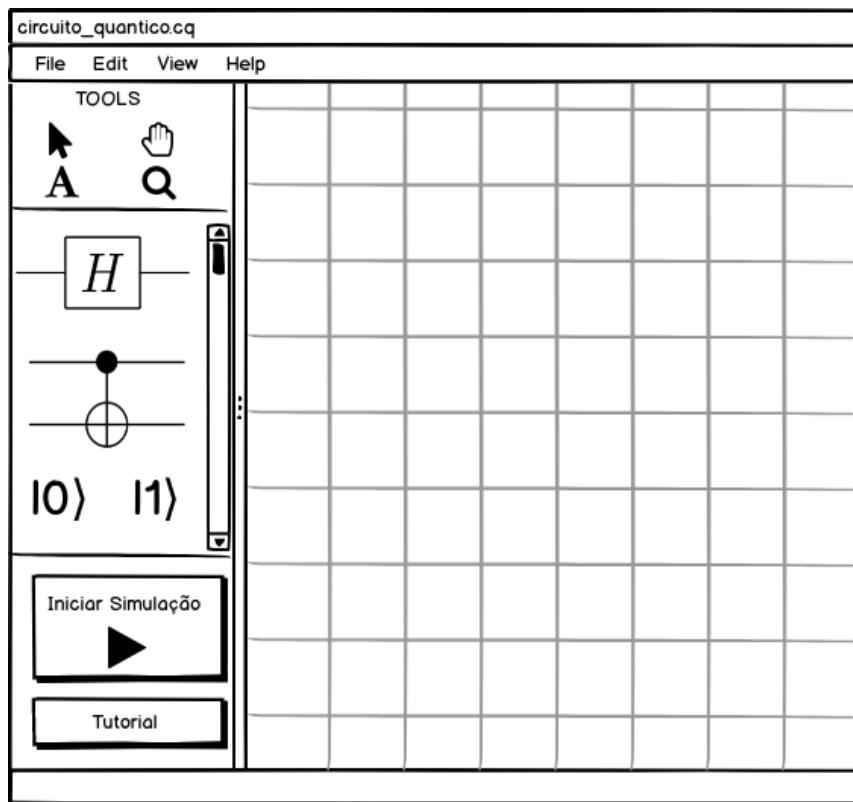


Figure 7. Mockup - Tela 1

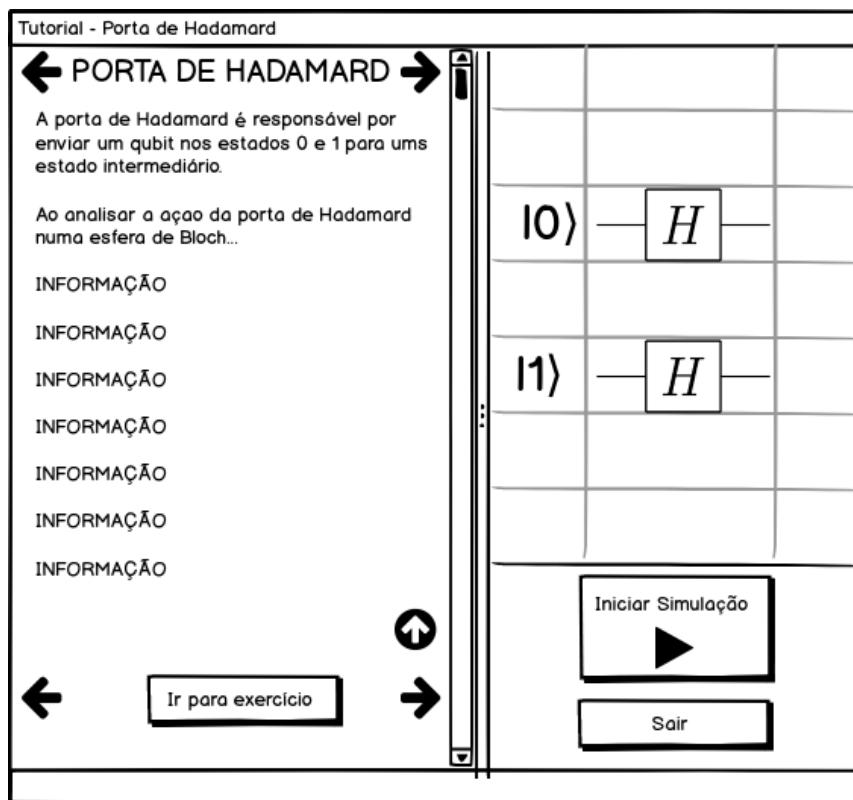


Figure 8. Mockup - Tela 3

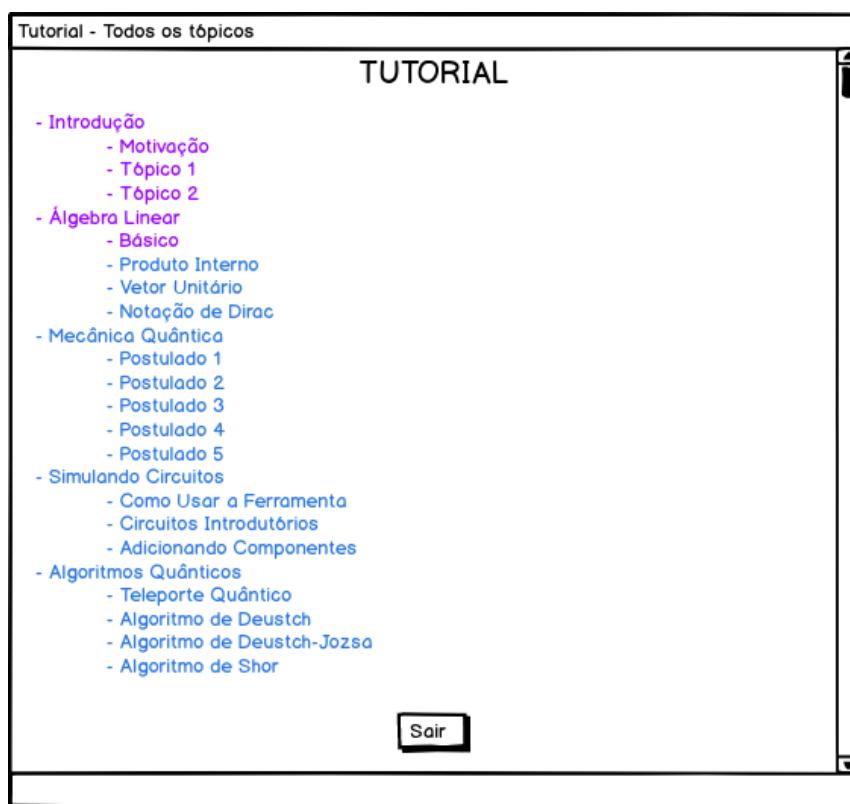


Figure 9. Mockup - Tela 3

As Figuras 10 a 14 ilustram o fluxo de telas do Cenário 1.

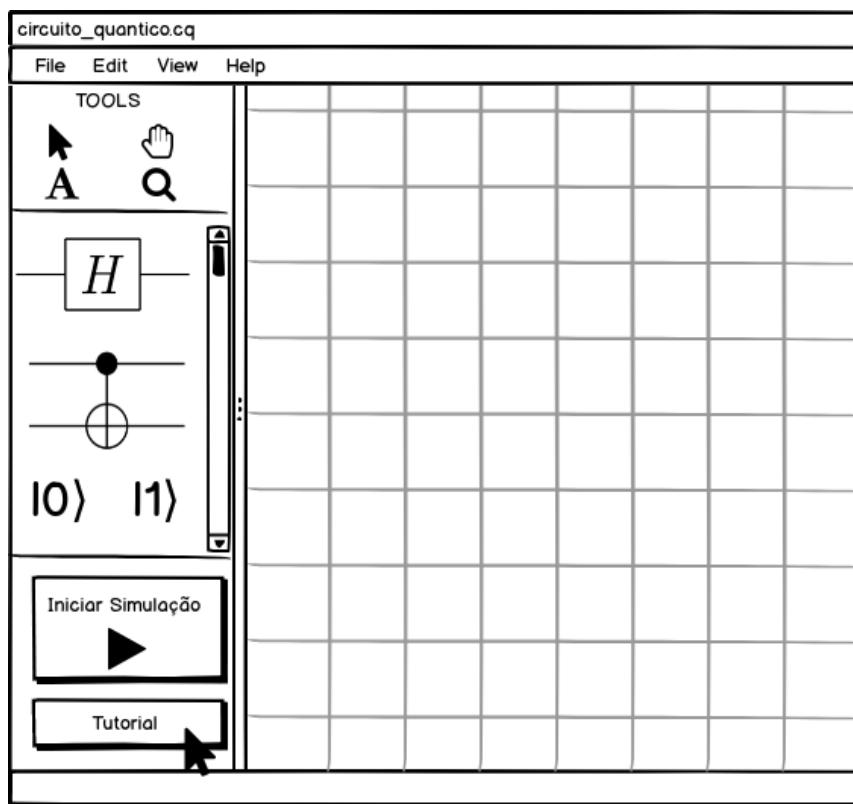


Figure 10. Fluxo Cenário 1 - Tela 1

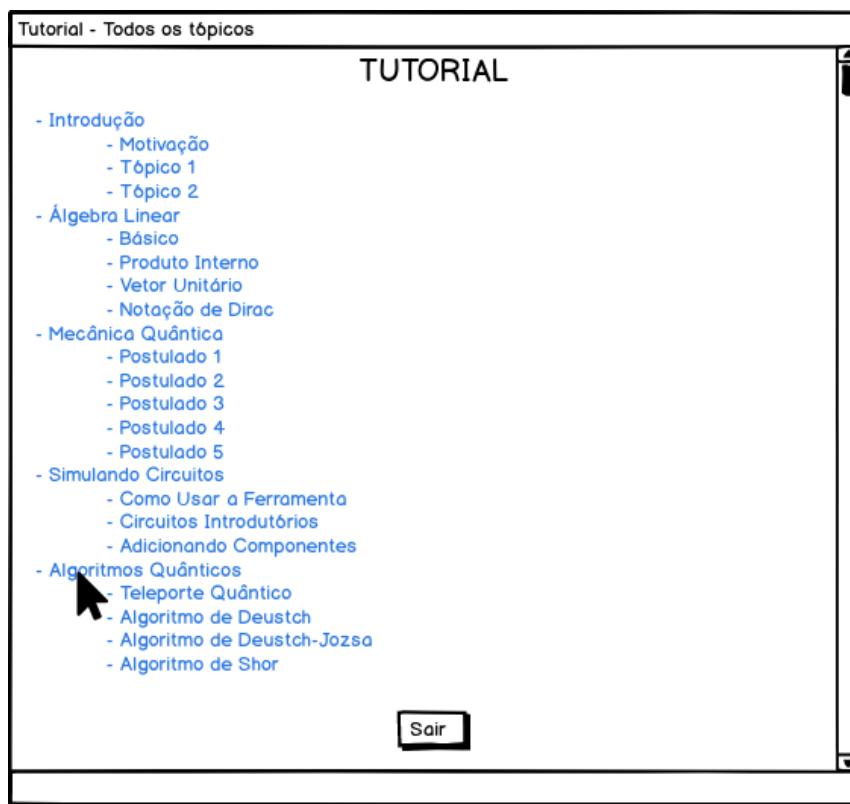


Figure 11. Fluxo Cenário 1 - Tela 2

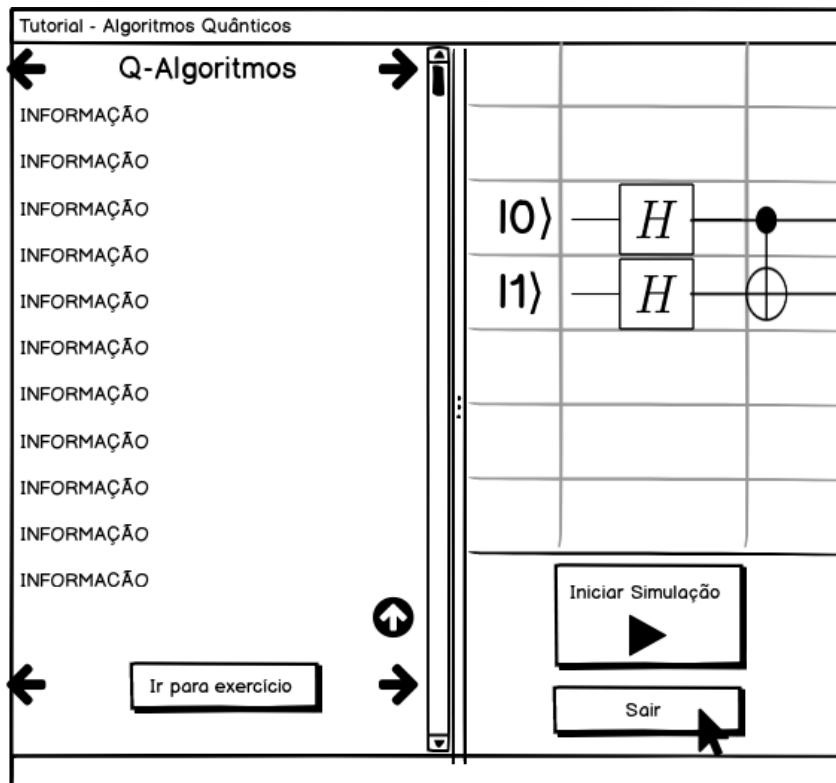


Figure 12. Fluxo Cenário 1 - Tela 3

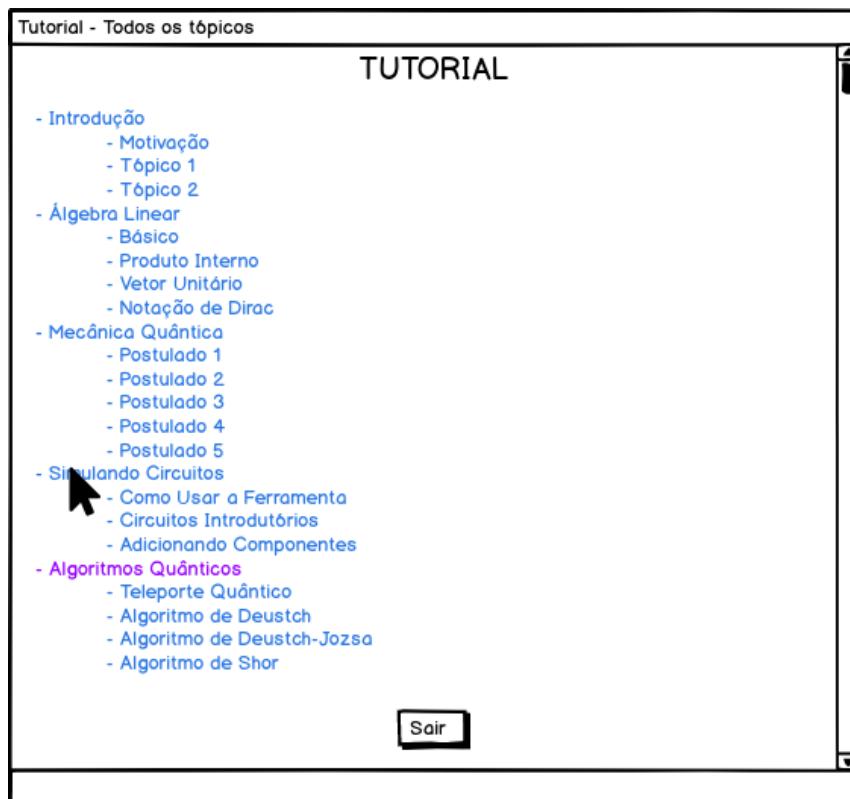


Figure 13. Fluxo Cenário 1 - Tela 4

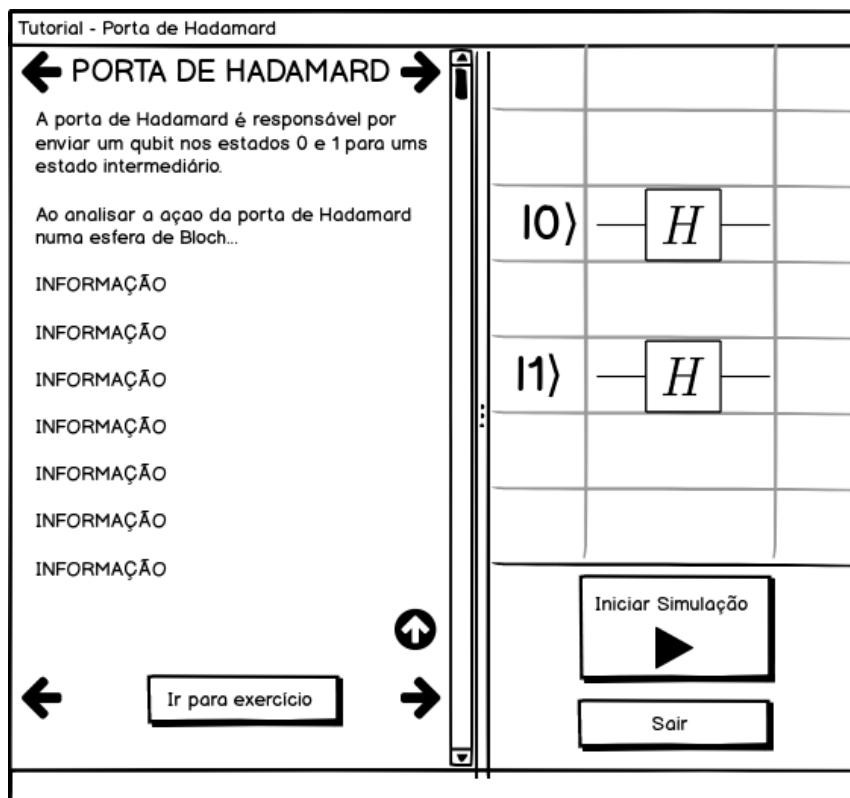


Figure 14. Fluxo Cenário 1 - Tela 5

As Figuras 15 a 24 ilustram o fluxo de telas do Cenário 2.

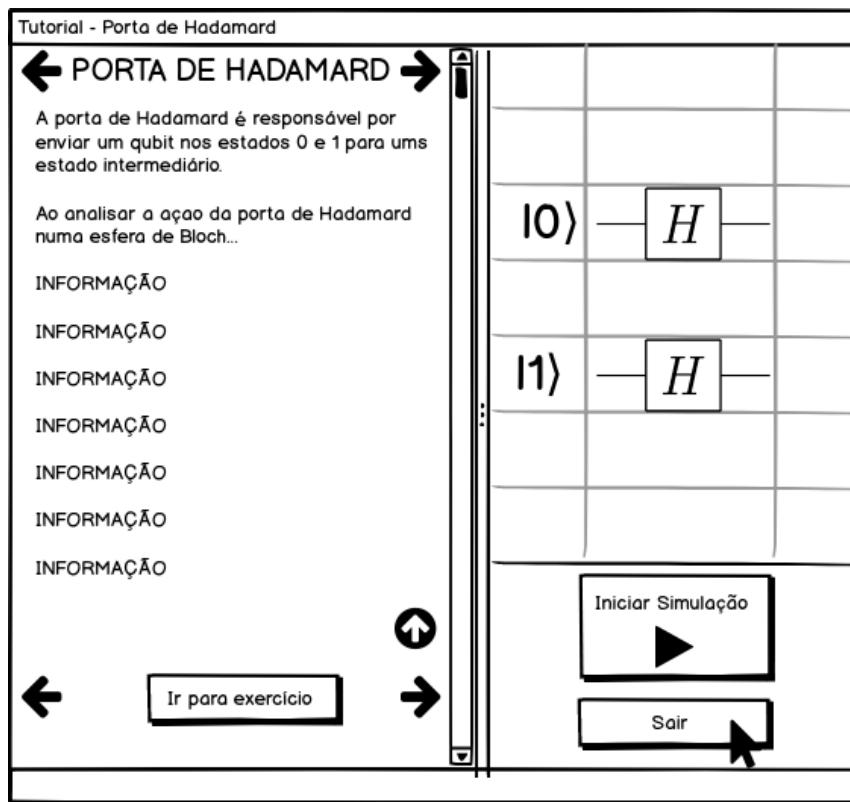


Figure 15. Fluxo Cenário 2 - Tela 1

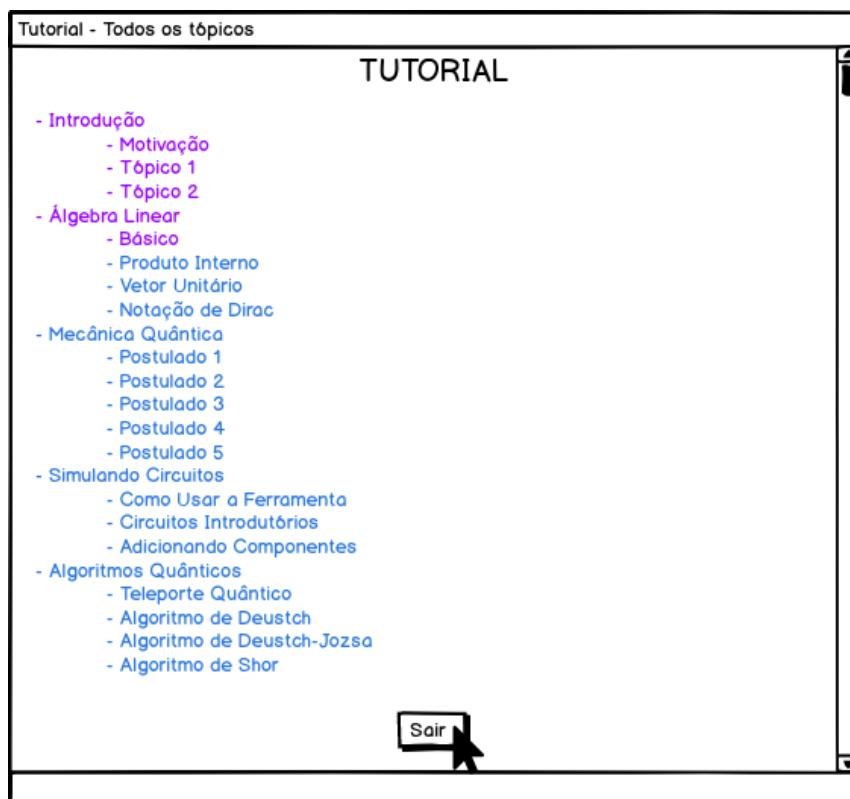


Figure 16. Fluxo Cenário 2 - Tela 2

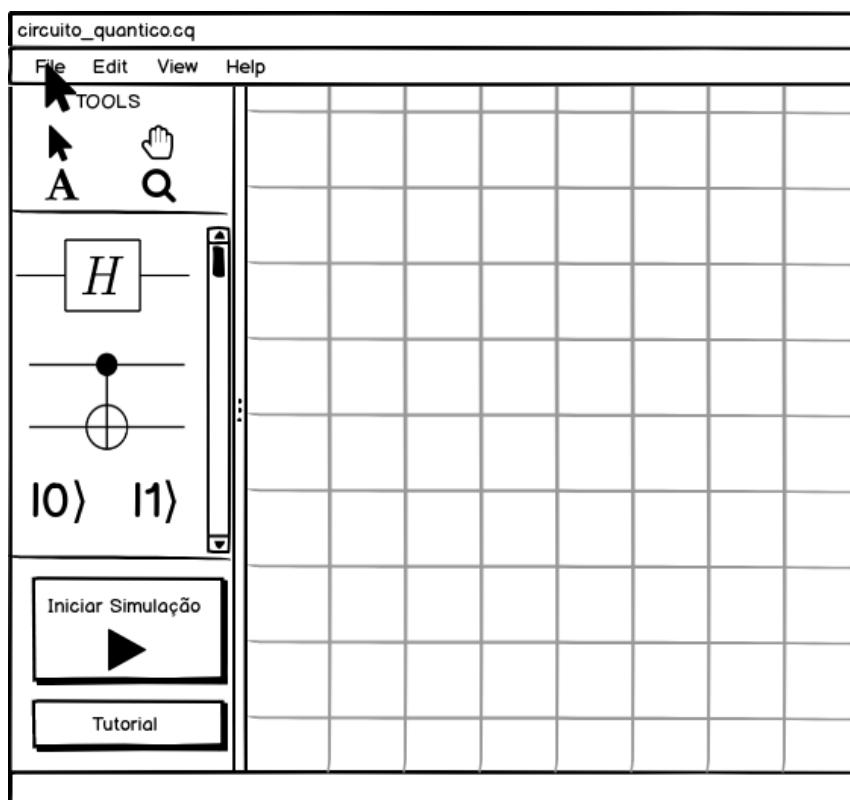


Figure 17. Fluxo Cenário 2 - Tela 3

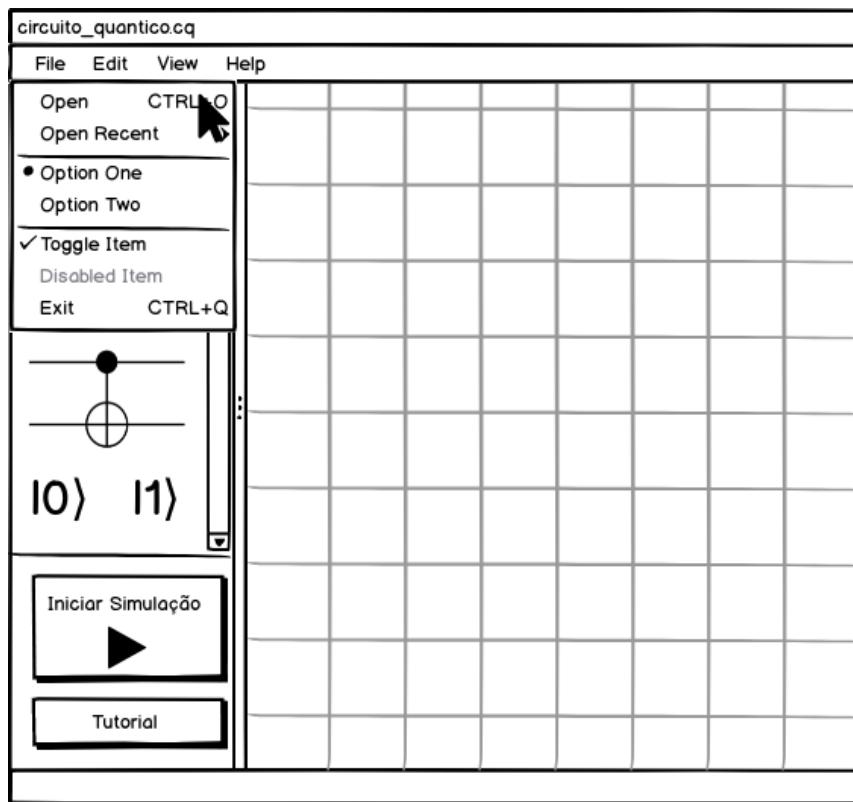


Figure 18. Fluxo Cenário 2 - Tela 4

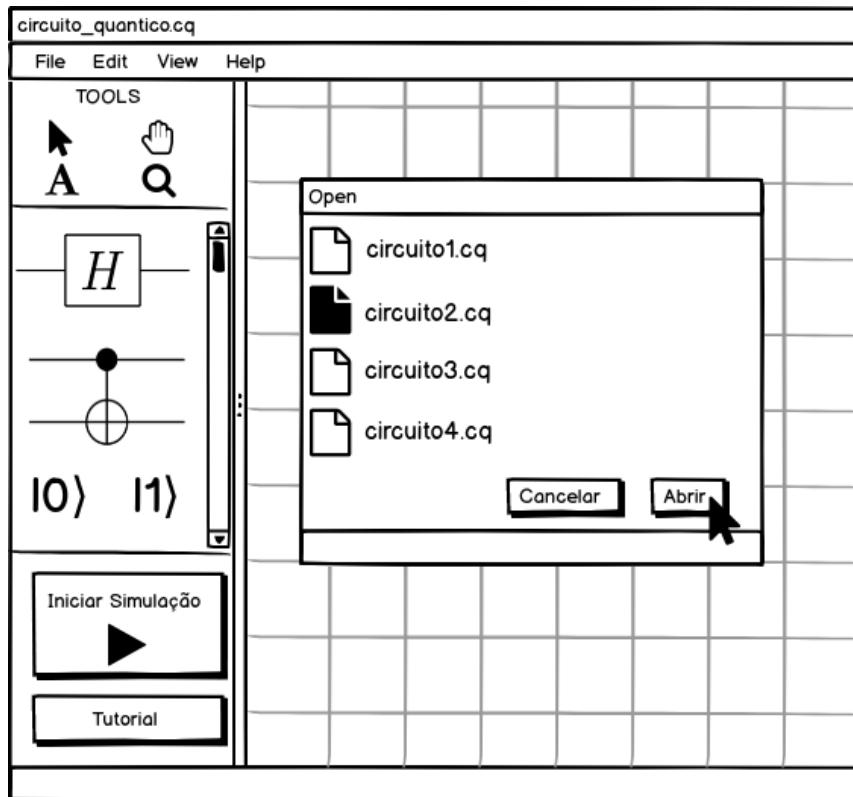


Figure 19. Fluxo Cenário 2 - Tela 5

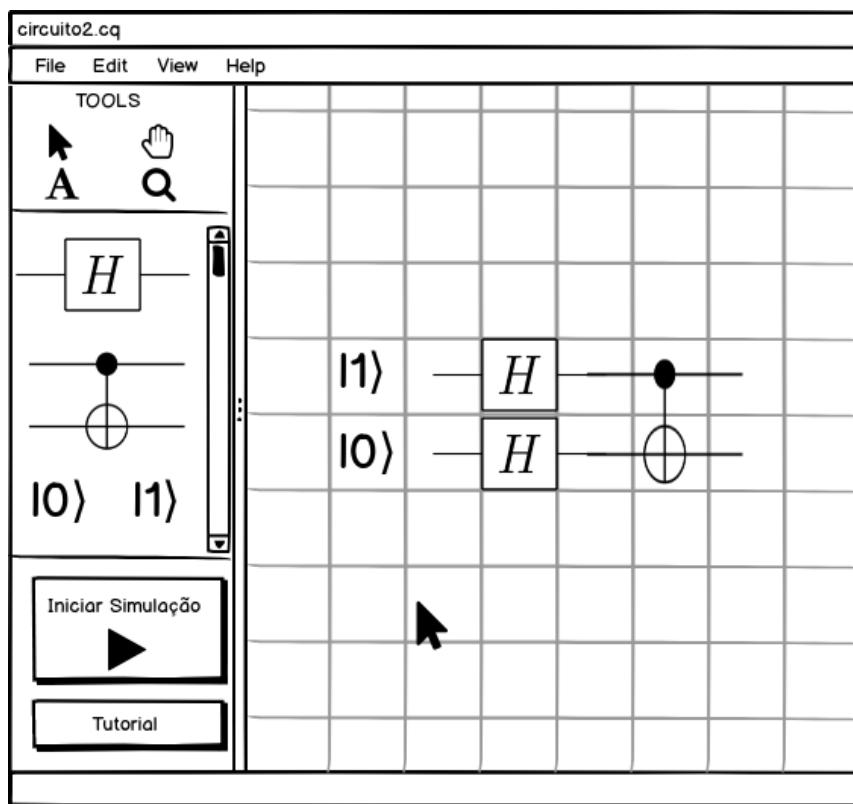


Figure 20. Fluxo Cenário 2 - Tela 6

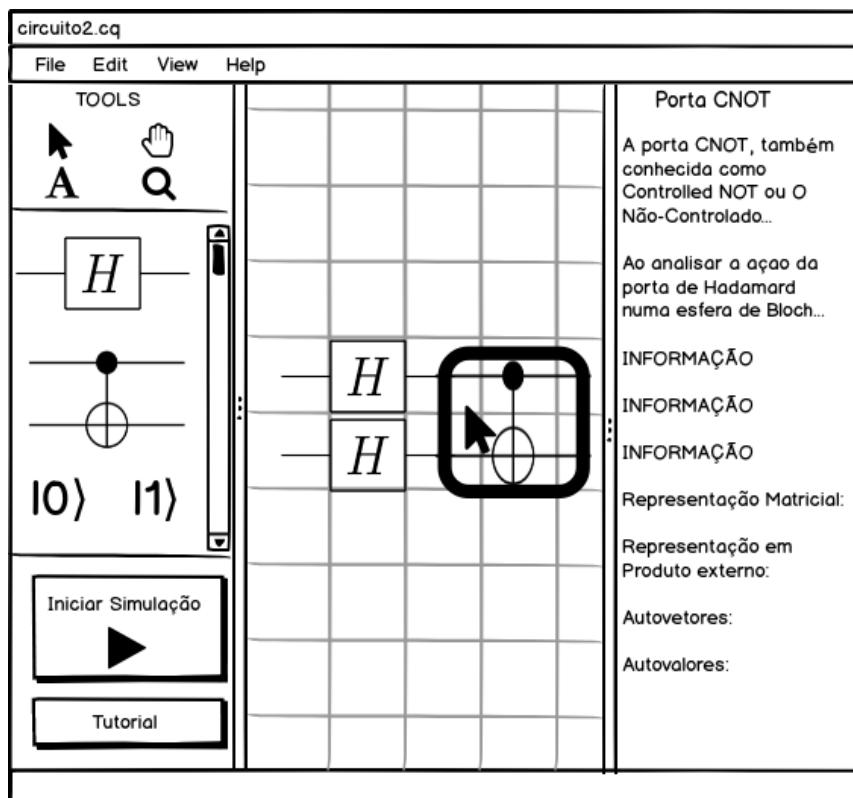


Figure 21. Fluxo Cenário 2 - Tela 7

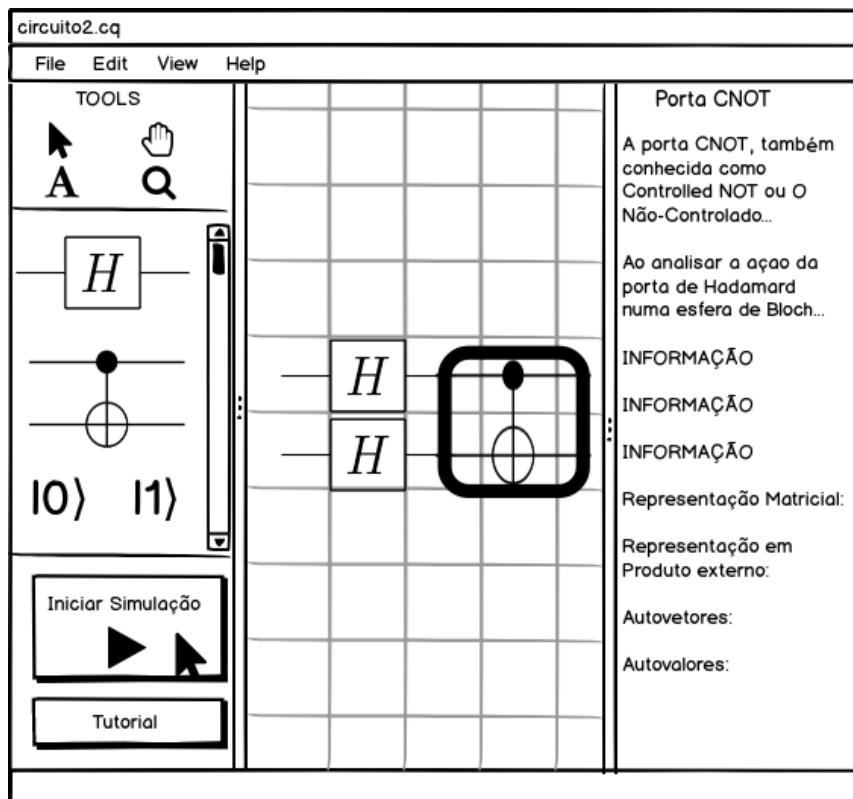


Figure 22. Fluxo Cenário 2 - Tela 8

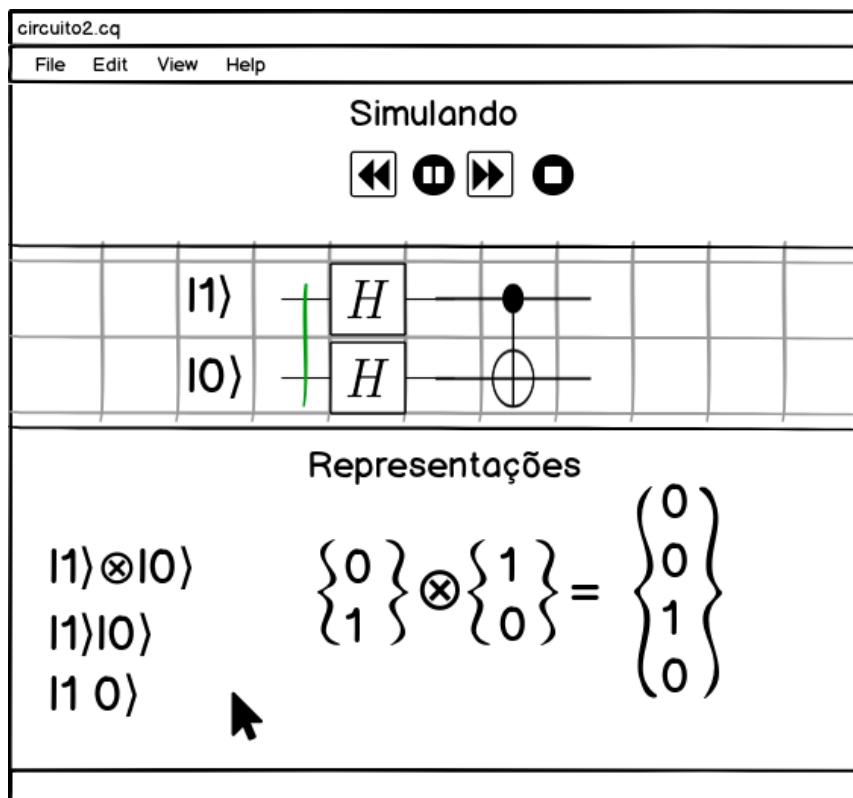


Figure 23. Fluxo Cenário 2 - Tela 9

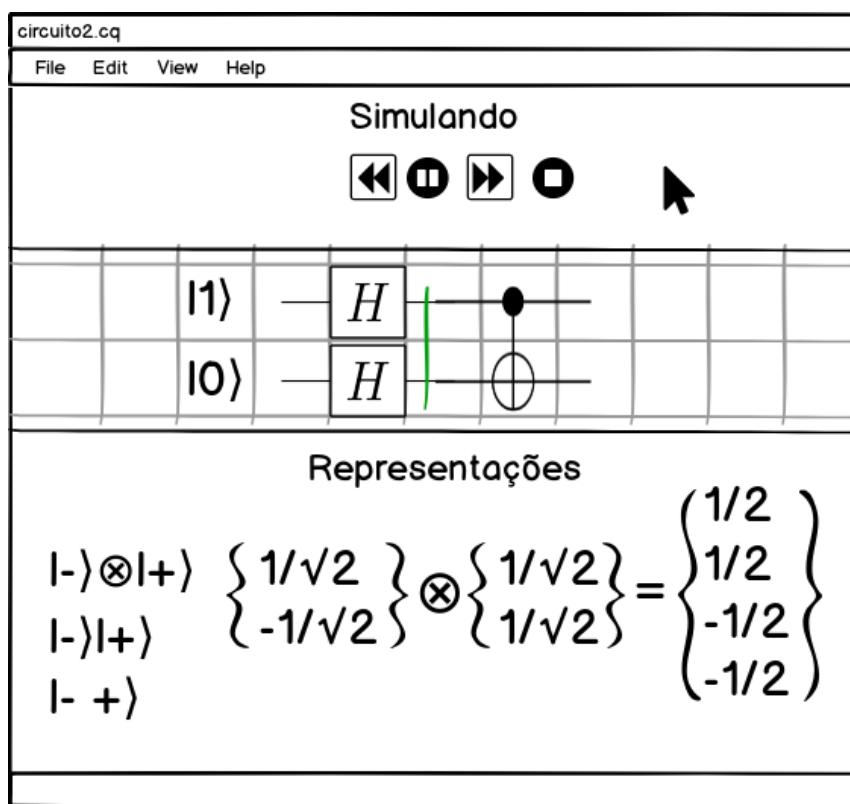


Figure 24. Fluxo Cenário 2 - Tela 10

As Figuras 25 a 30 ilustram o fluxo de telas do Cenário 3.

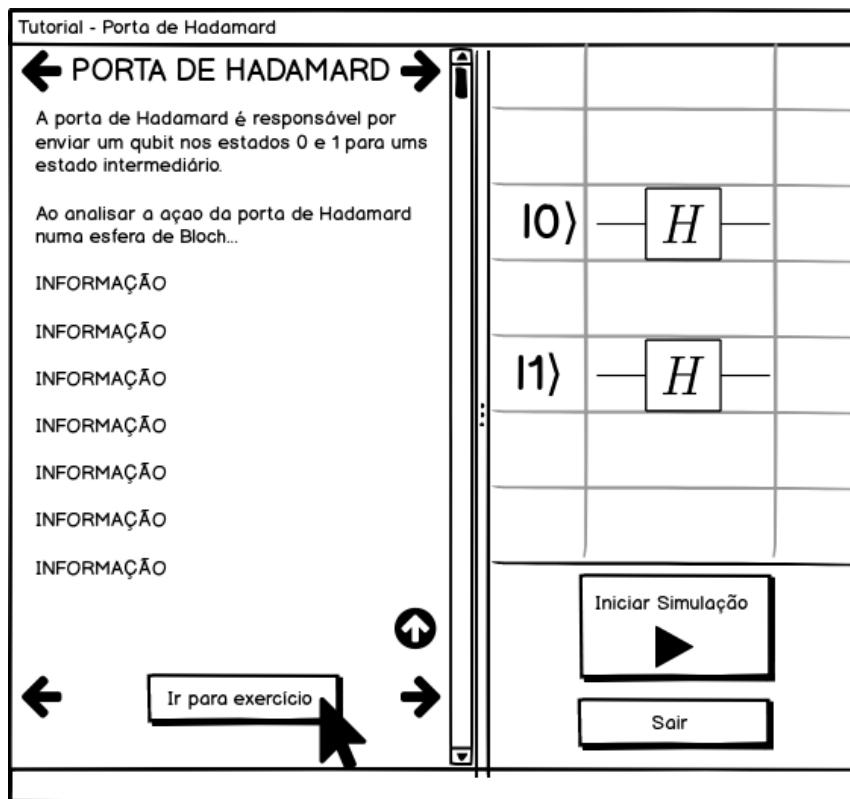


Figure 25. Fluxo Cenário 3 - Tela 1

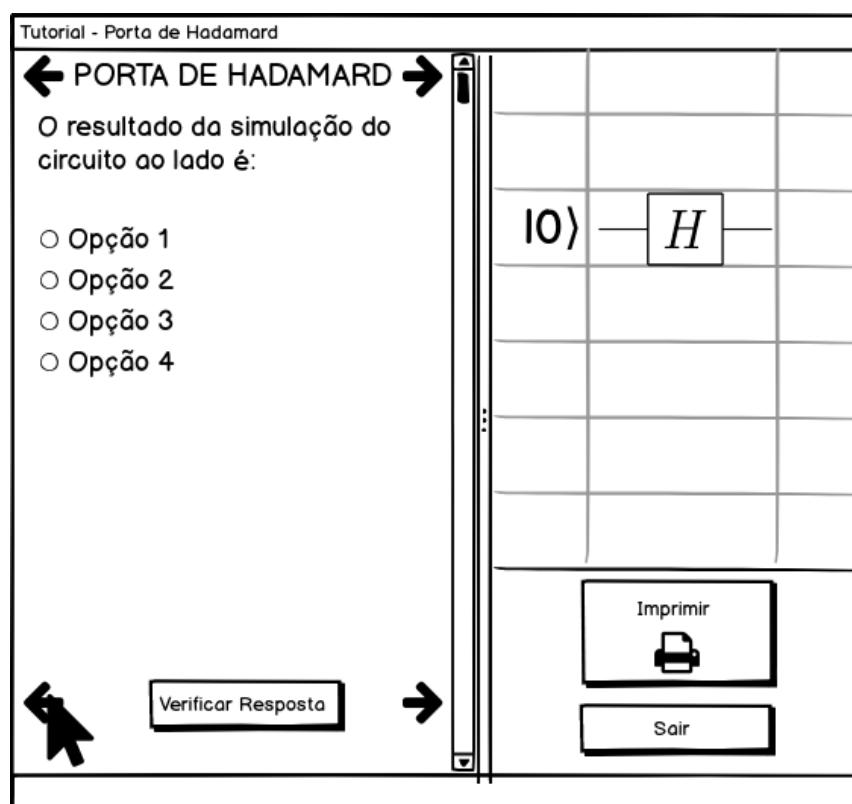


Figure 26. Fluxo Cenário 3 - Tela 2

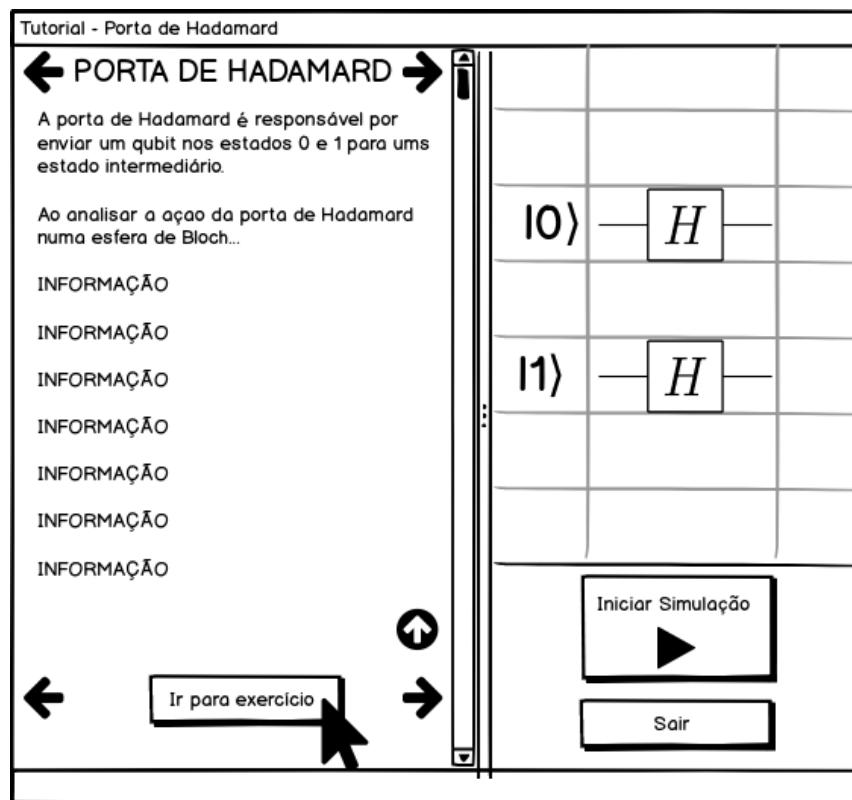


Figure 27. Fluxo Cenário 3 - Tela 3

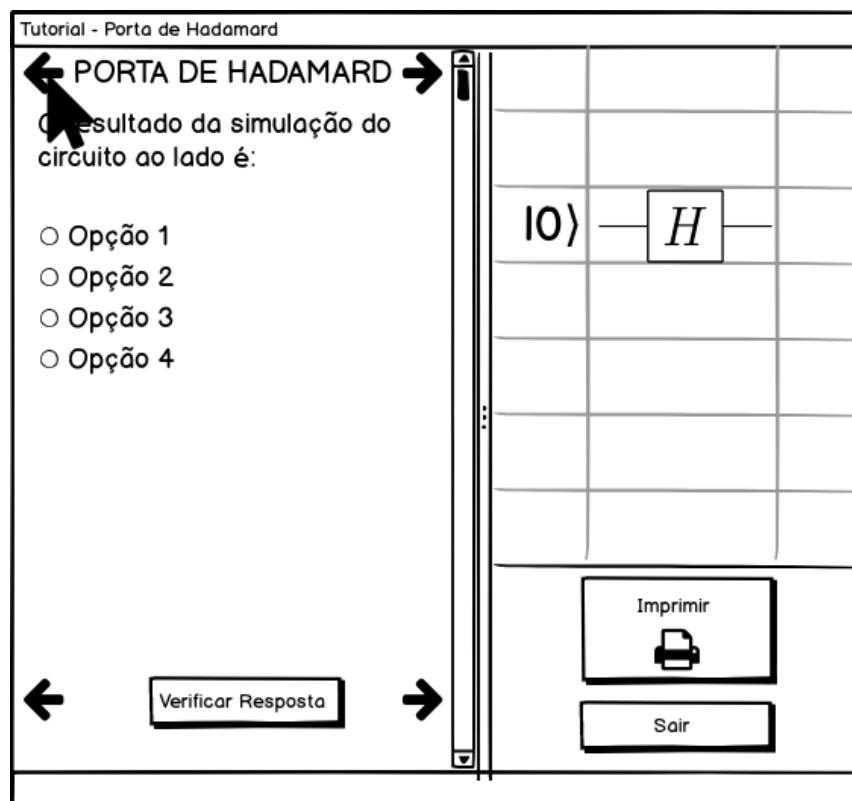


Figure 28. Fluxo Cenário 3 - Tela 4

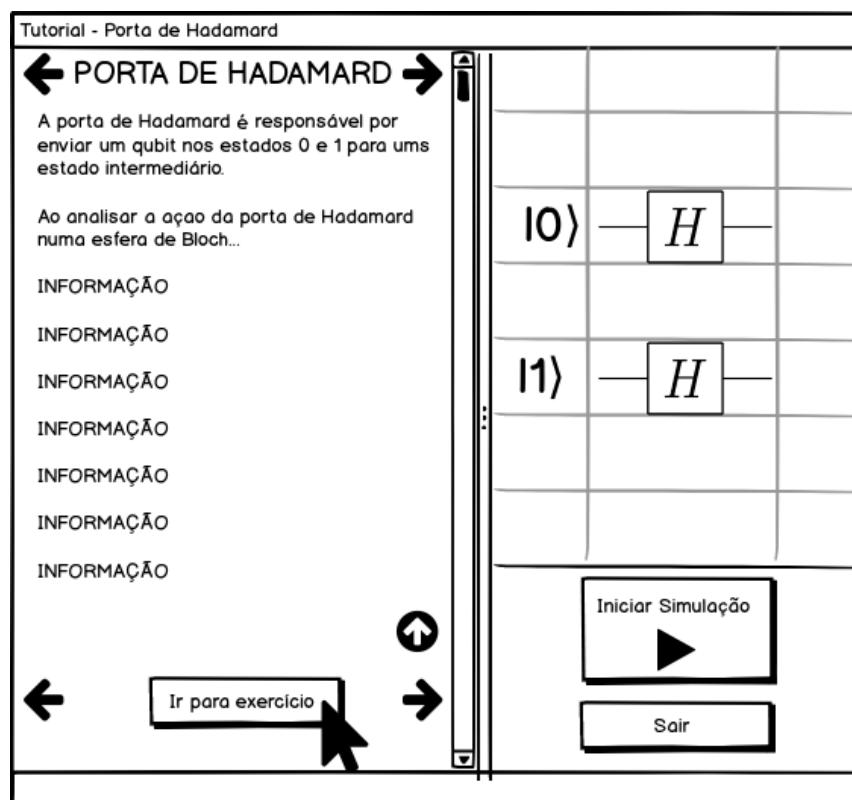


Figure 29. Fluxo Cenário 3 - Tela 5

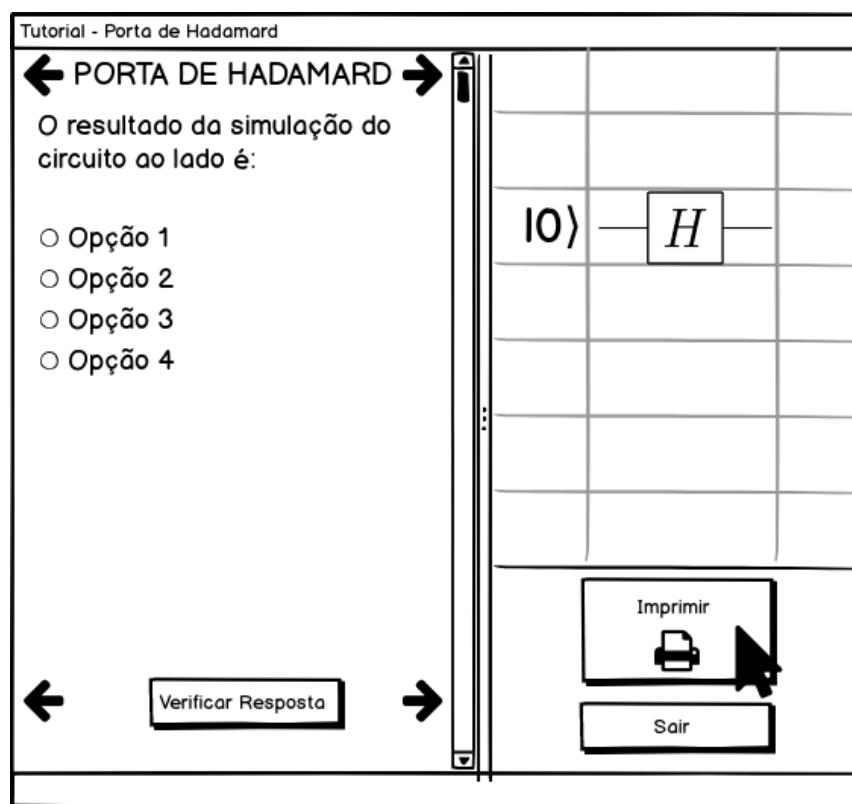


Figure 30. Fluxo Cenário 3 - Tela 6

As Figuras 31 a 35 ilustram o fluxo de telas do Cenário 4.

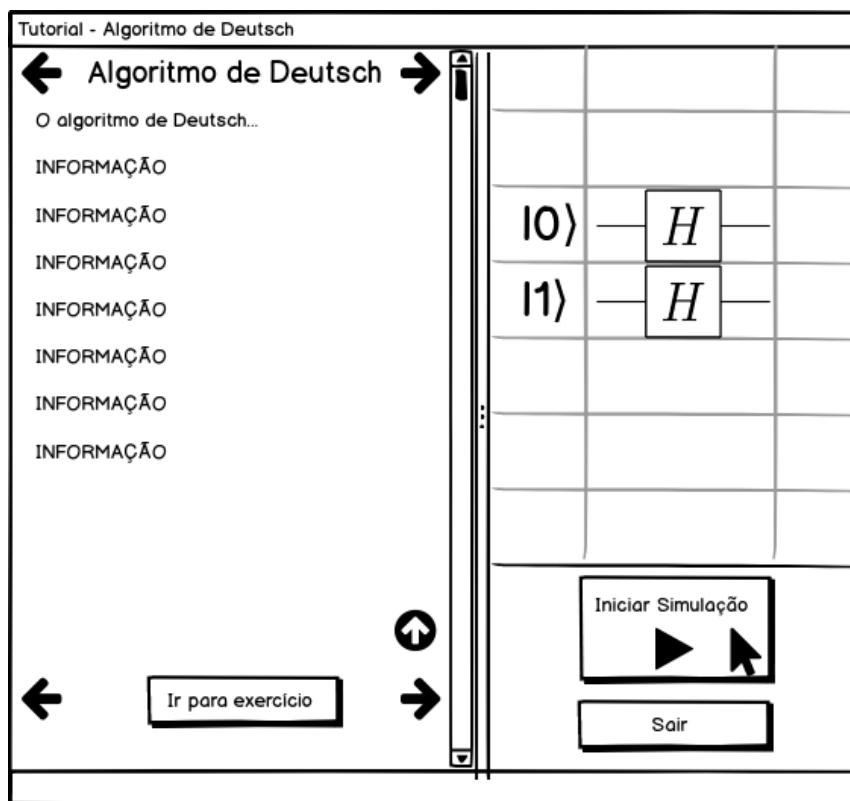


Figure 31. Fluxo Cenário 4 - Tela 1

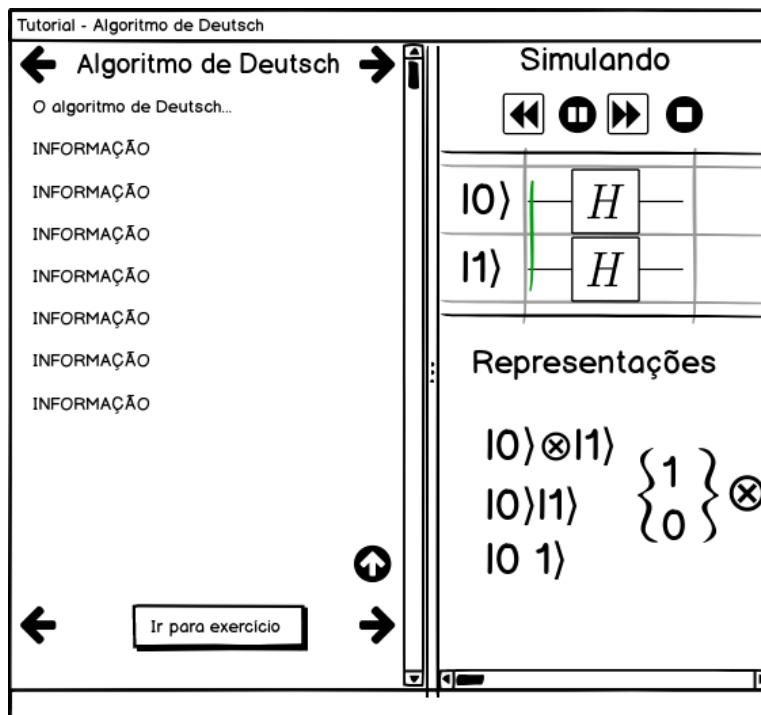


Figure 32. Fluxo Cenário 4 - Tela 2

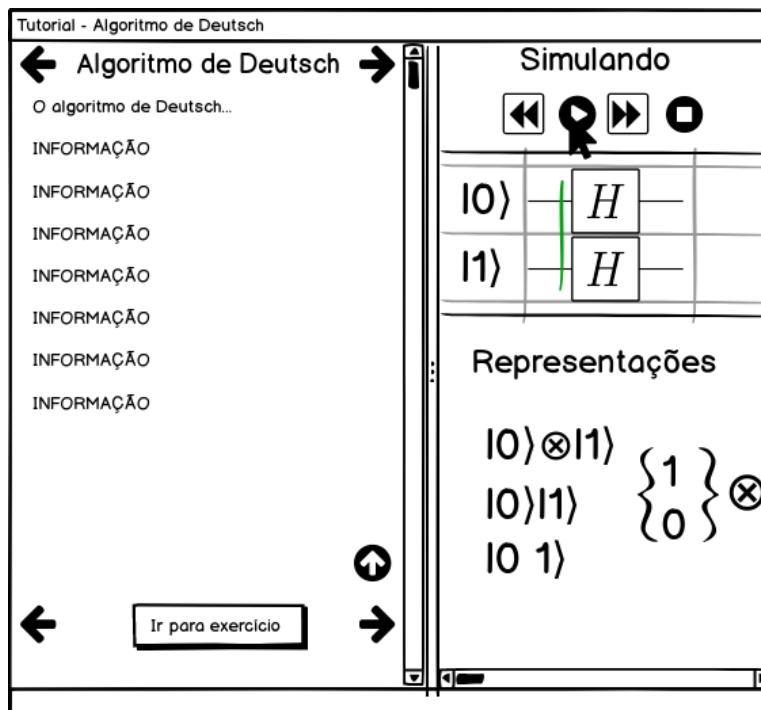


Figure 33. Fluxo Cenário 4 - Tela 3

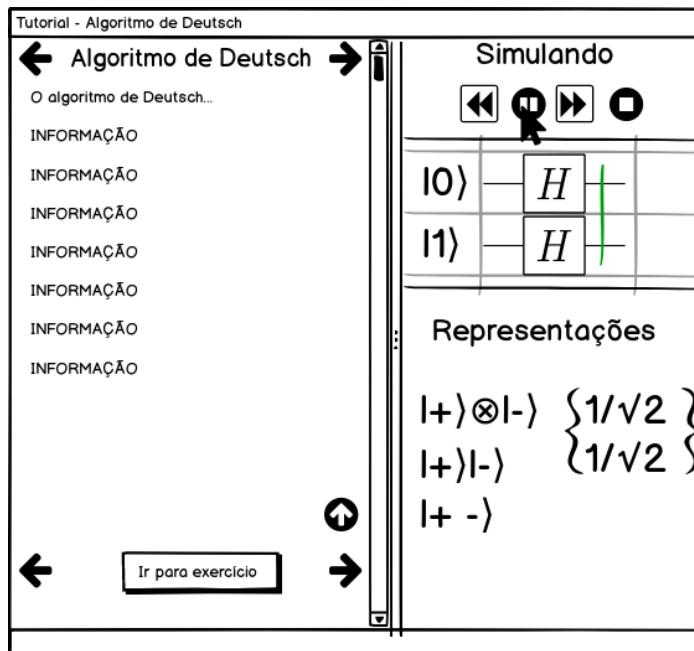


Figure 34. Fluxo Cenário 4 - Tela 4

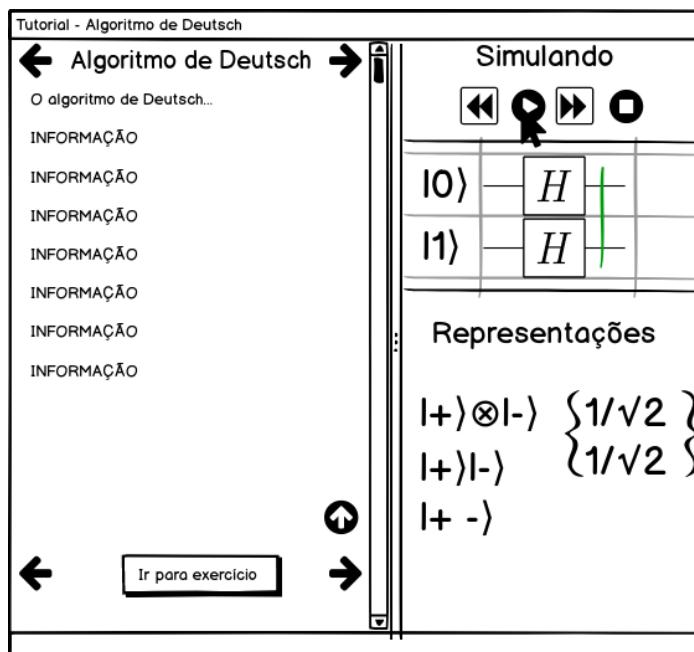


Figure 35. Fluxo Cenário 4 - Tela 5

As Figuras 36 a 43 ilustram o fluxo de telas do Cenário 5.

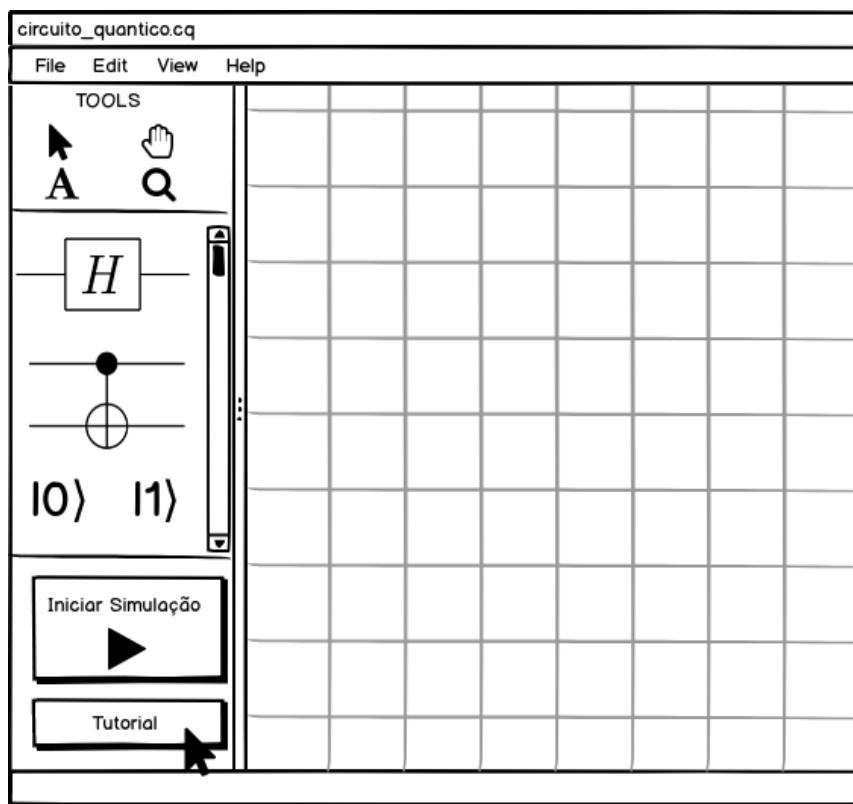


Figure 36. Fluxo Cenário 5 - Tela 1

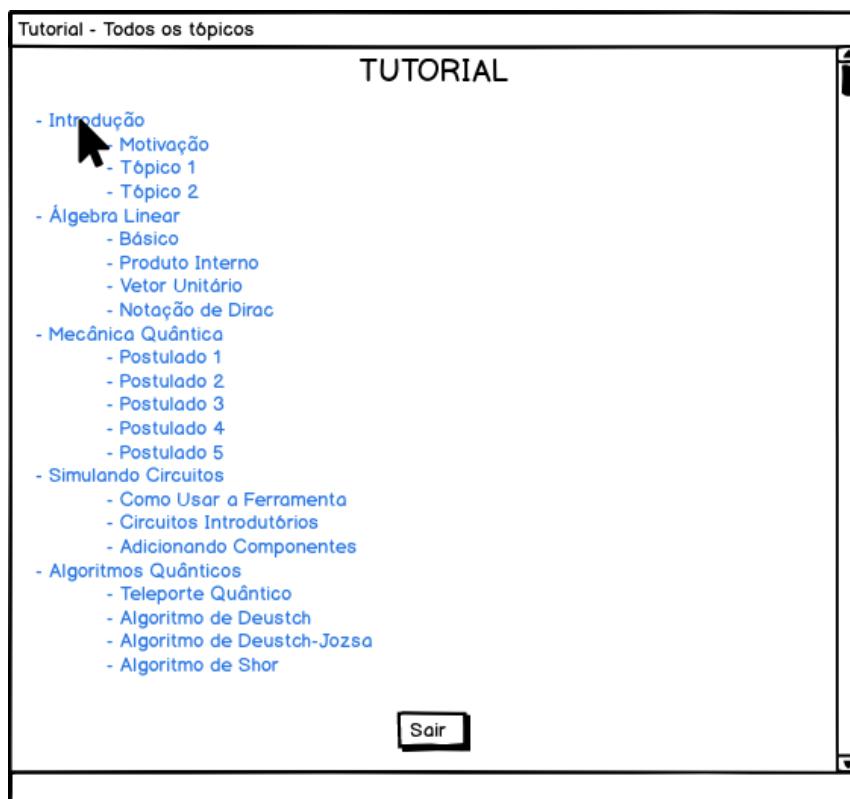


Figure 37. Fluxo Cenário 5 - Tela 2

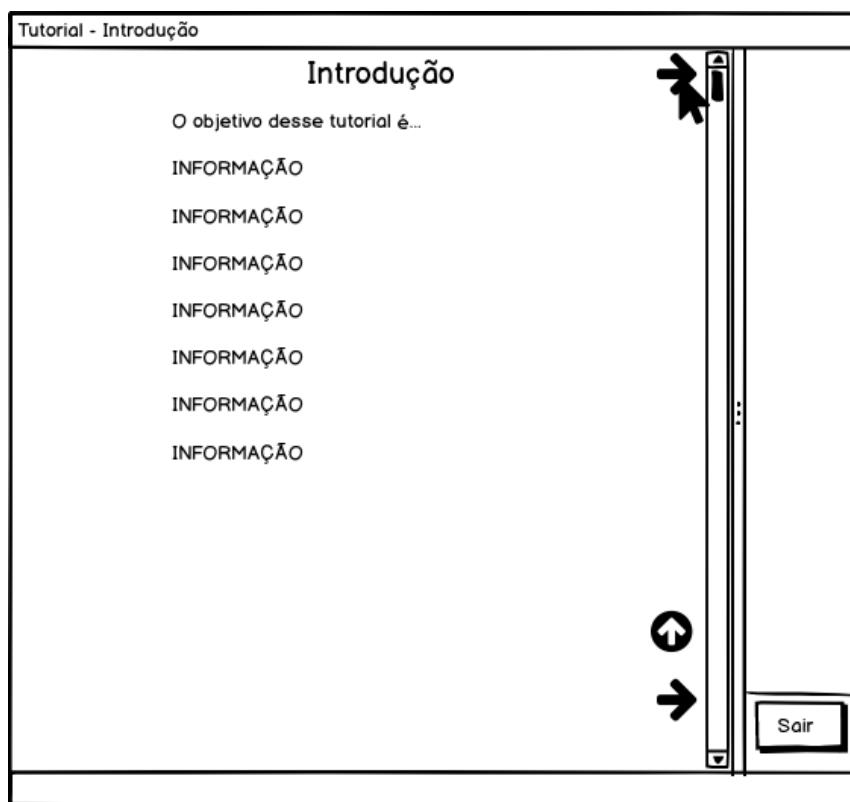


Figure 38. Fluxo Cenário 5 - Tela 3

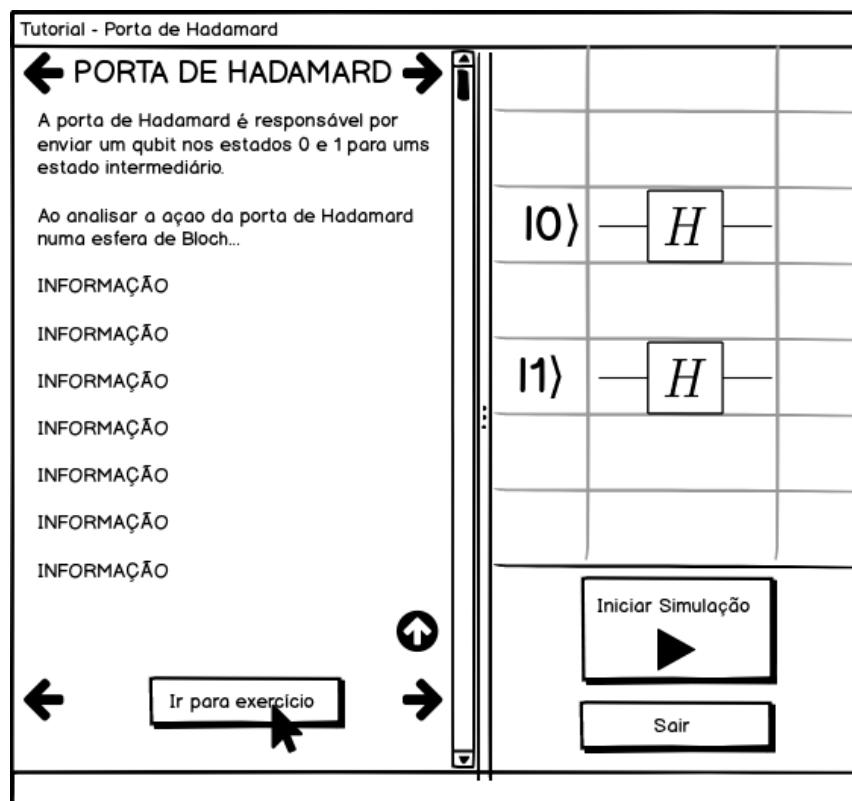


Figure 39. Fluxo Cenário 5 - Tela 4

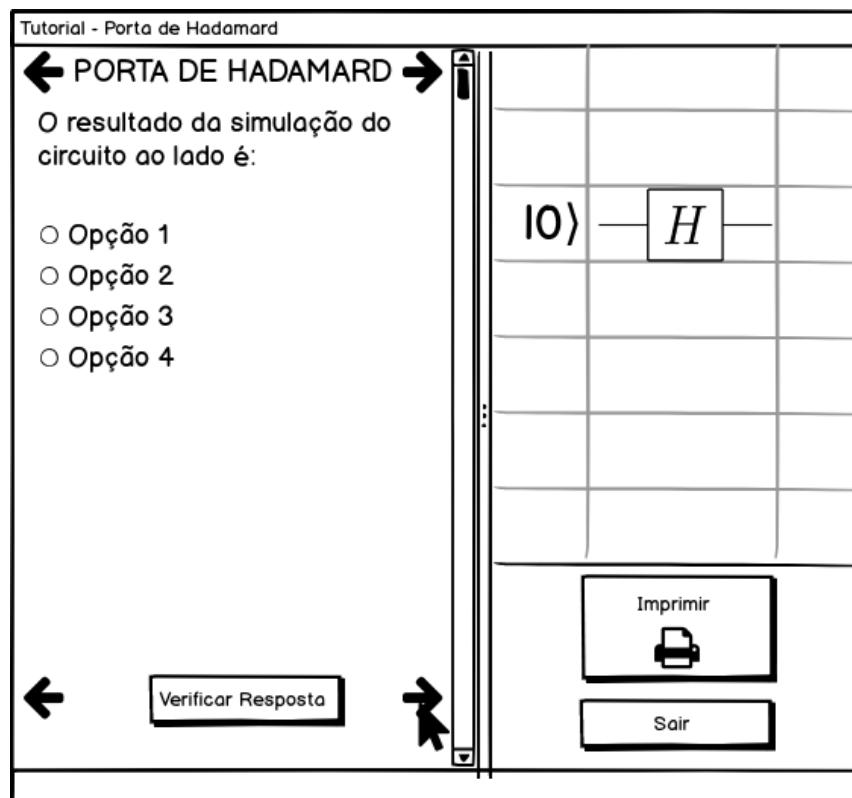


Figure 40. Fluxo Cenário 5 - Tela 5

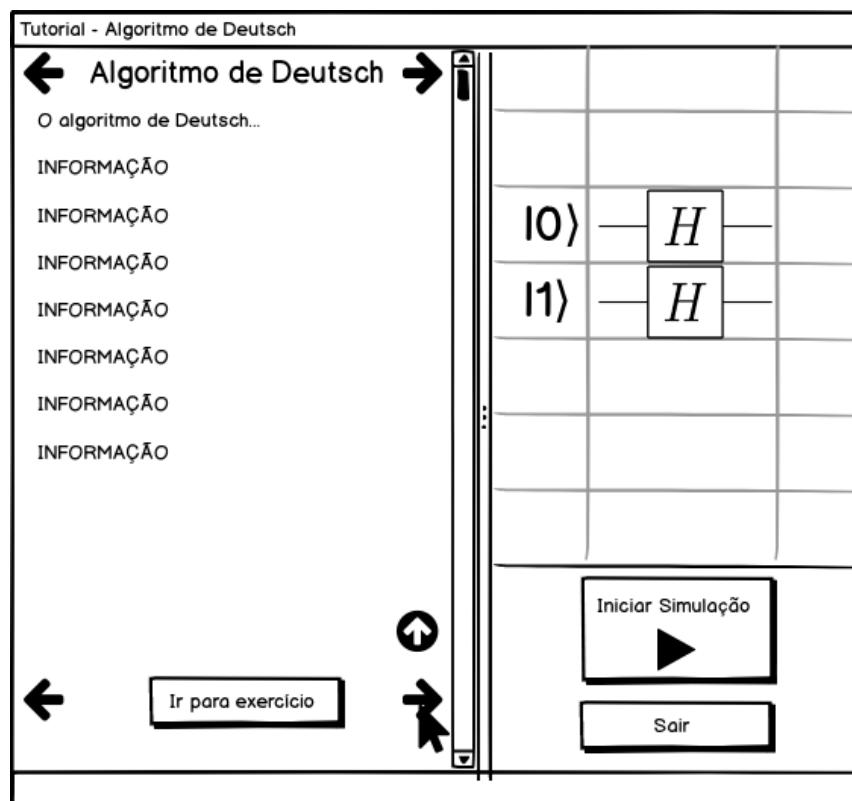


Figure 41. Fluxo Cenário 5 - Tela 6

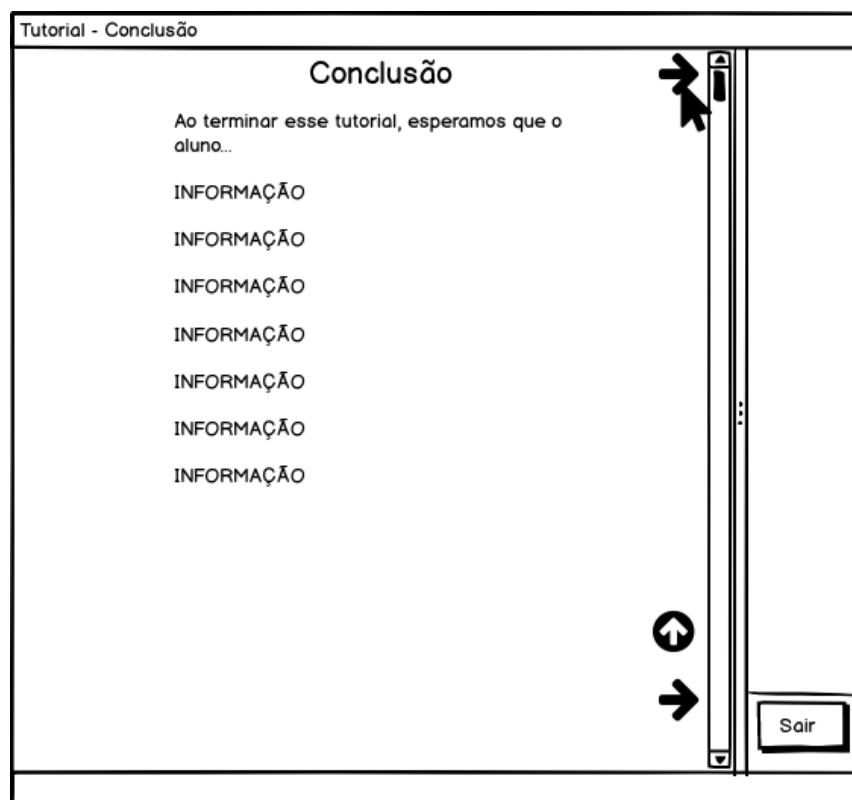


Figure 42. Fluxo Cenário 5 - Tela 7

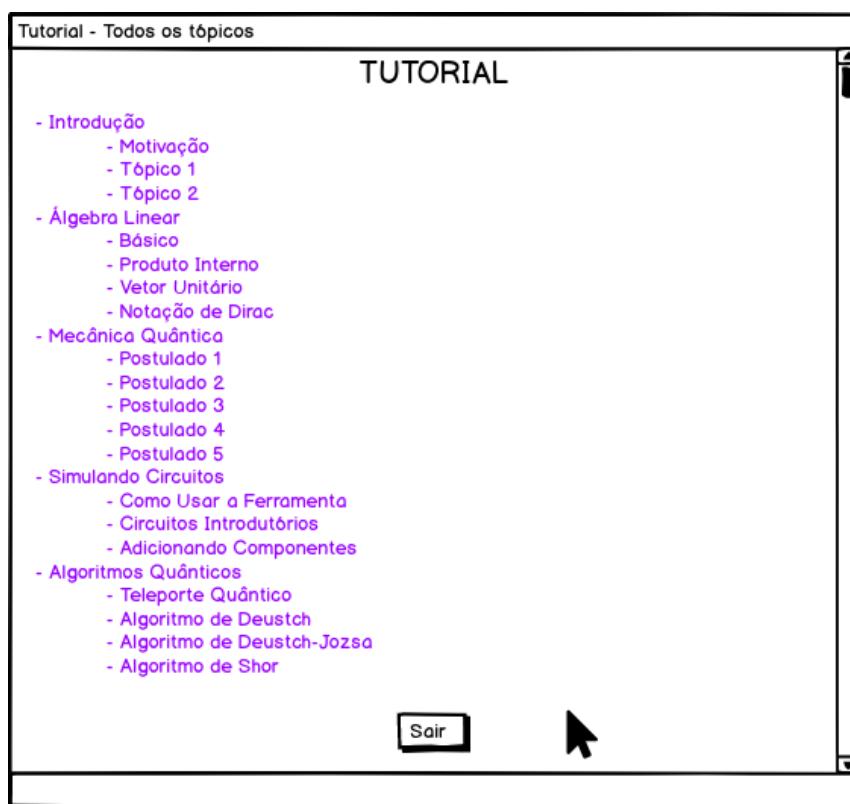


Figure 43. Fluxo Cenário 5 - Tela 8

As Figuras 44 a 57 ilustram o fluxo de telas do Cenário 6.

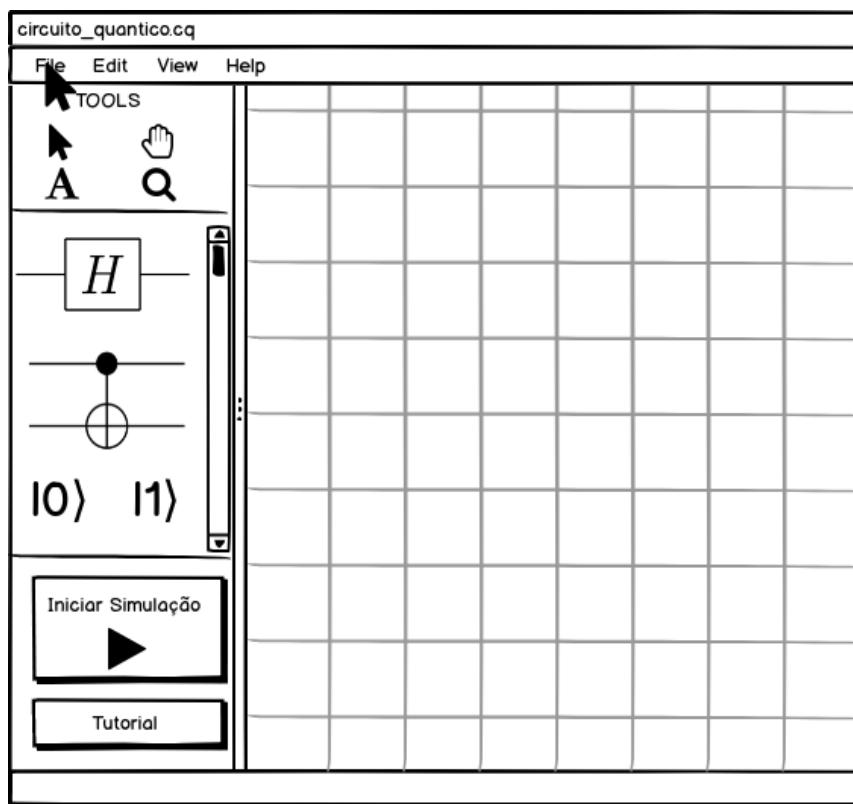


Figure 44. Fluxo Cenário 6 - Tela 1

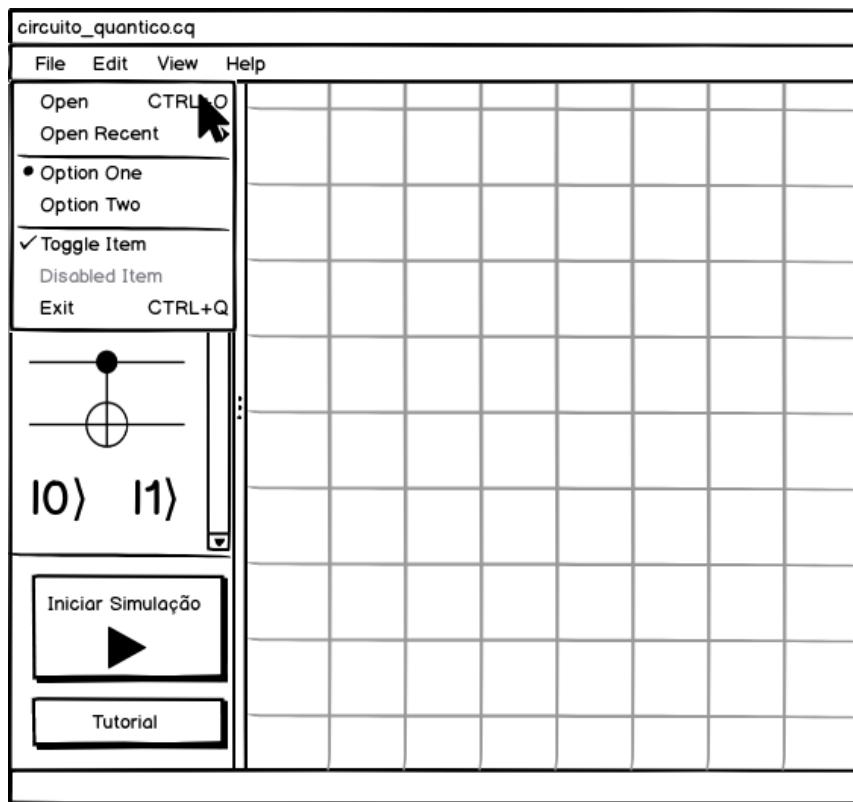


Figure 45. Fluxo Cenário 6 - Tela 2

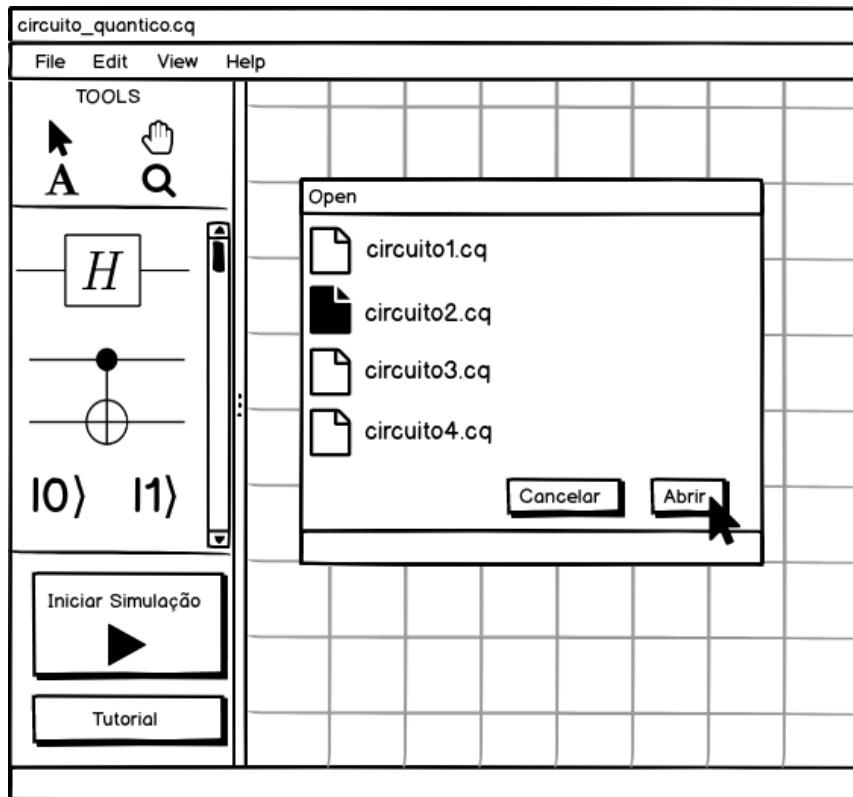


Figure 46. Fluxo Cenário 6 - Tela 3

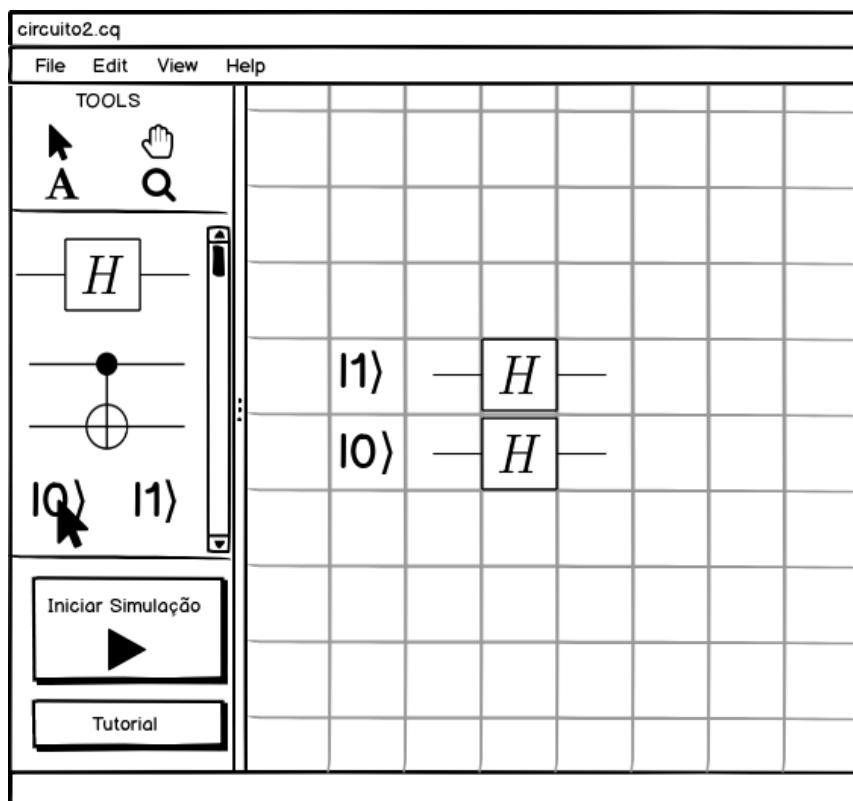


Figure 47. Fluxo Cenário 6 - Tela 4

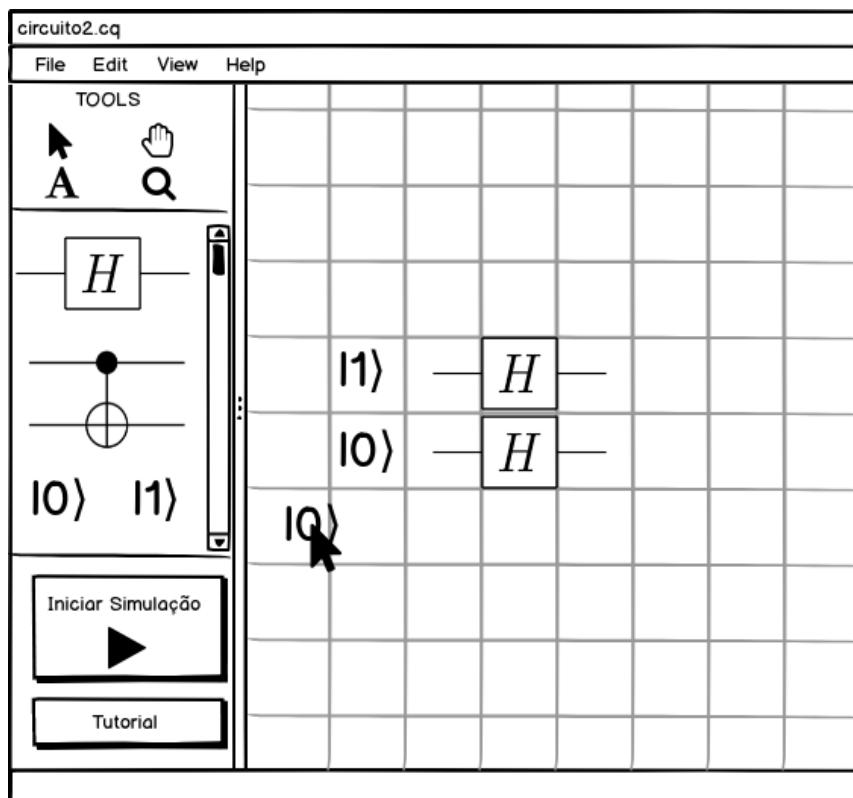


Figure 48. Fluxo Cenário 6 - Tela 5

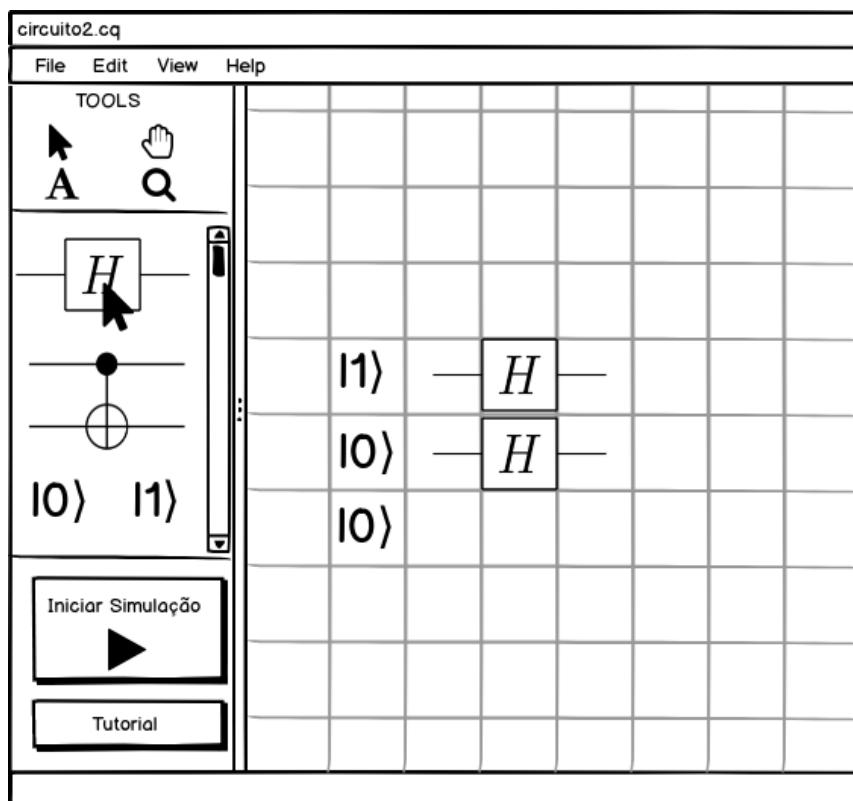


Figure 49. Fluxo Cenário 6 - Tela 6

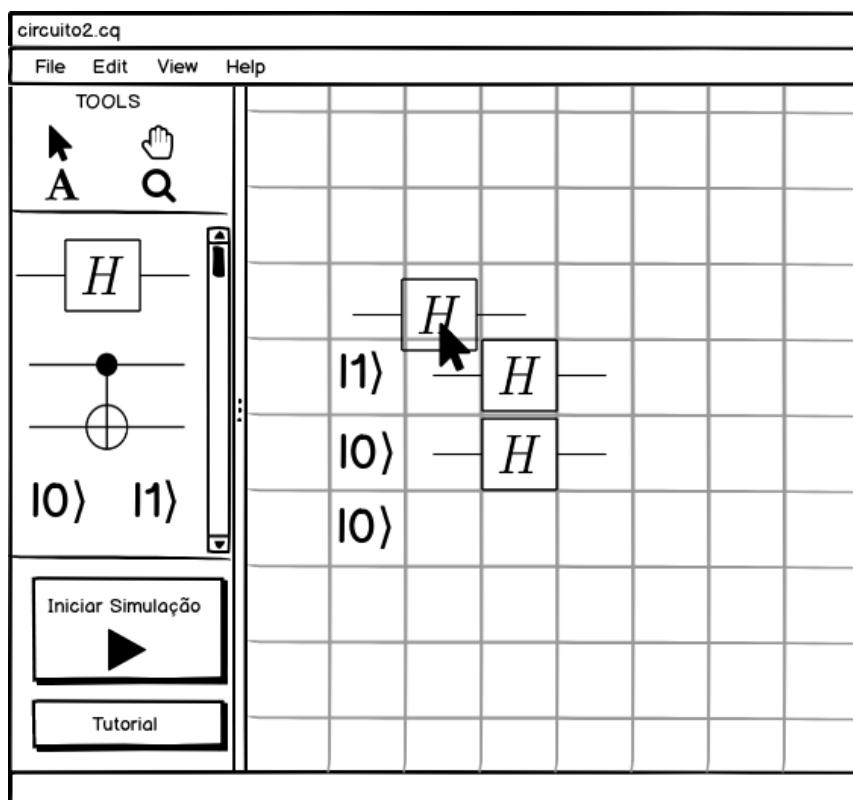


Figure 50. Fluxo Cenário 6 - Tela 7

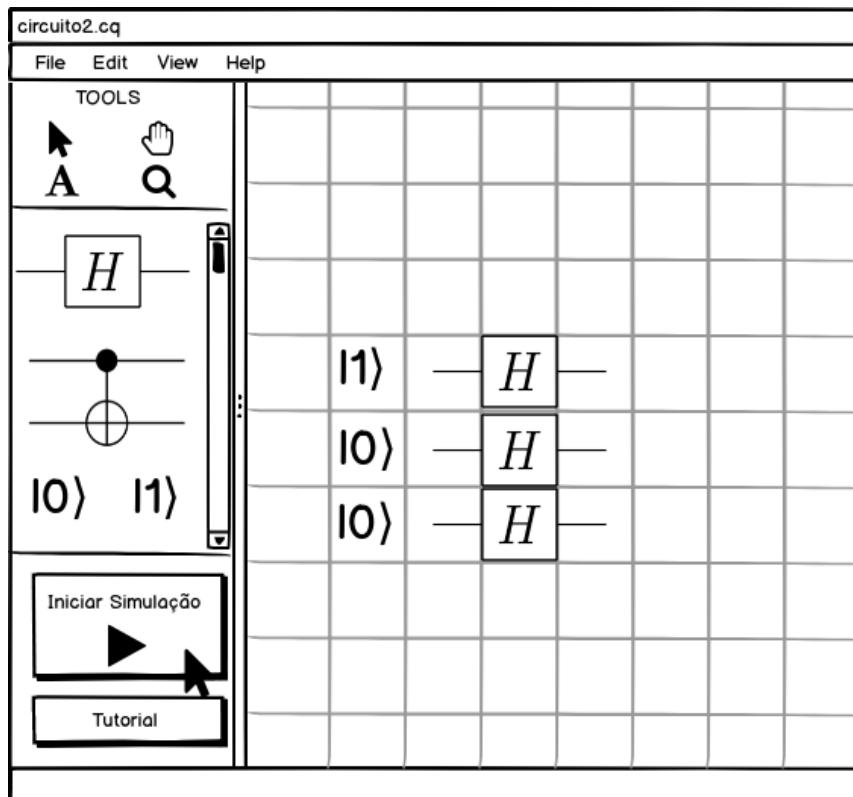


Figure 51. Fluxo Cenário 6 - Tela 8

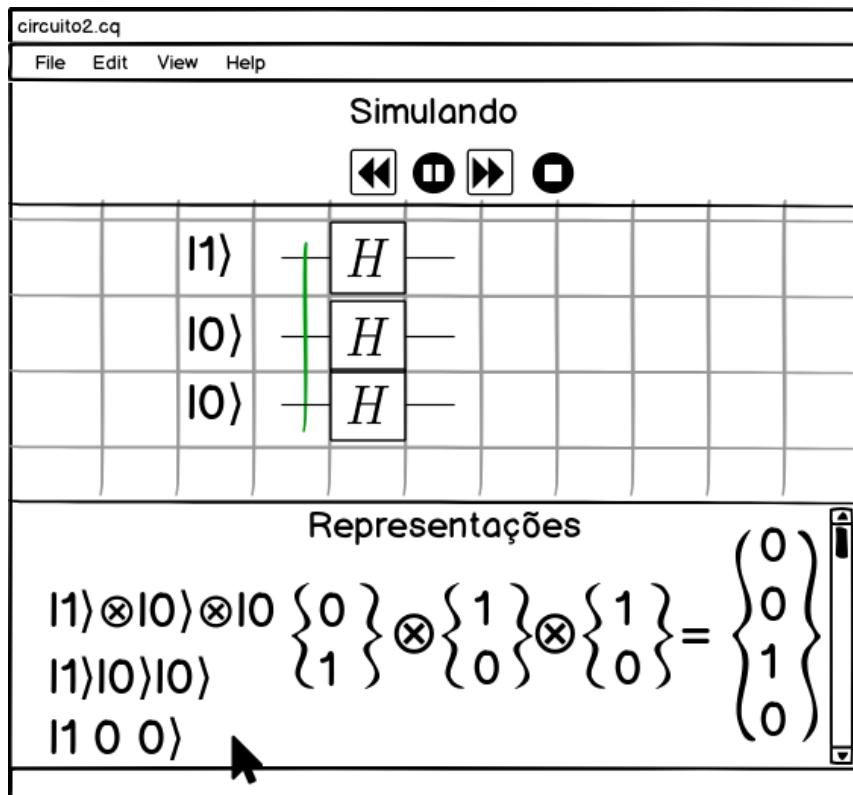


Figure 52. Fluxo Cenário 6 - Tela 9

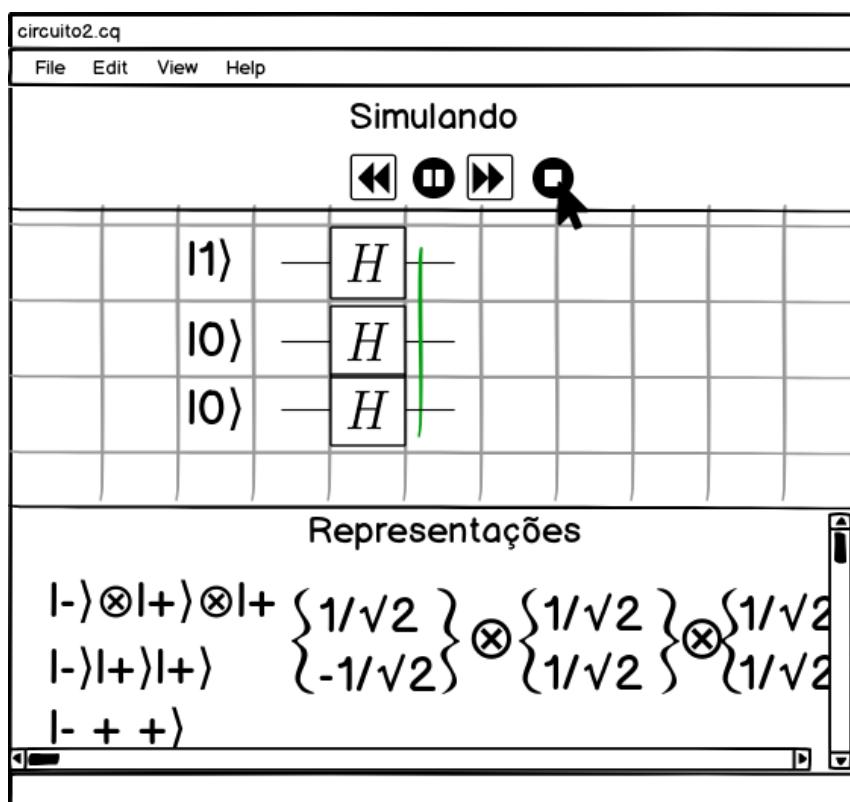


Figure 53. Fluxo Cenário 6 - Tela 10

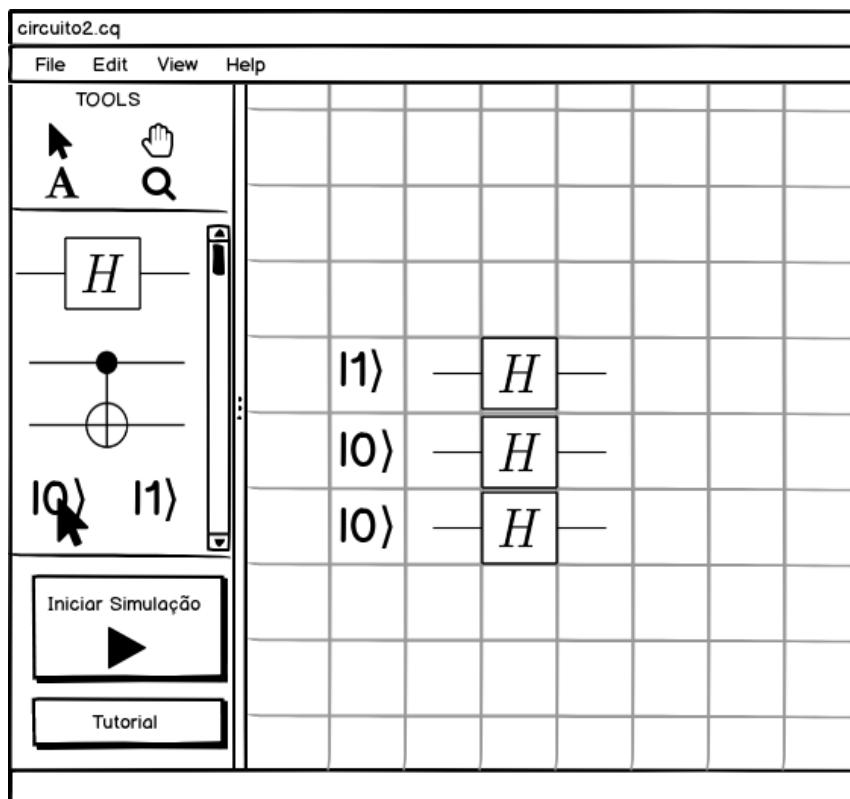


Figure 54. Fluxo Cenário 6 - Tela 11

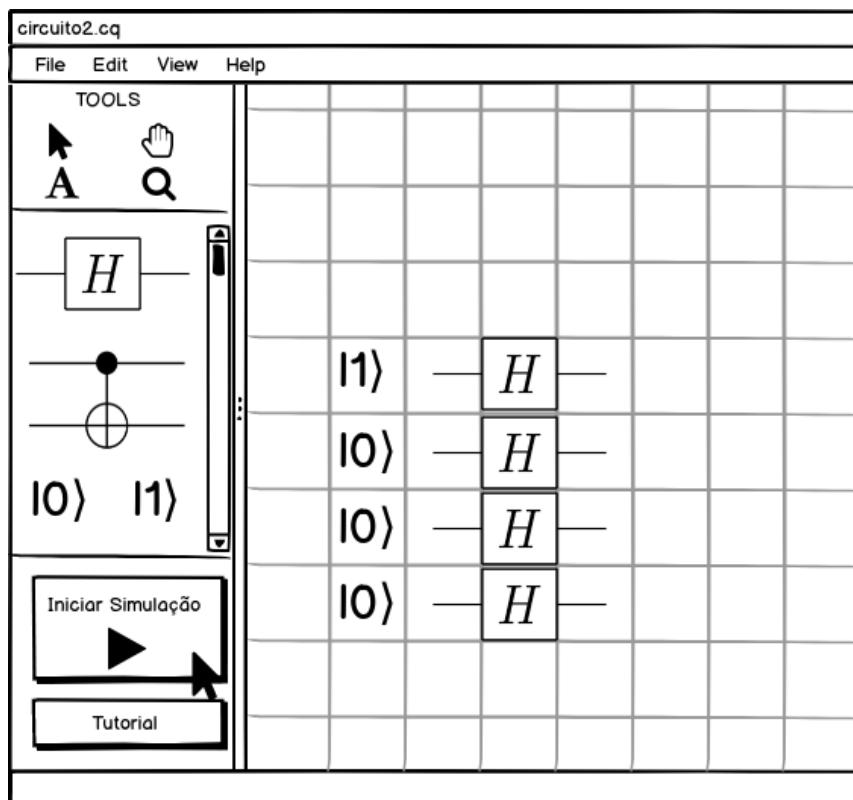


Figure 55. Fluxo Cenário 6 - Tela 12

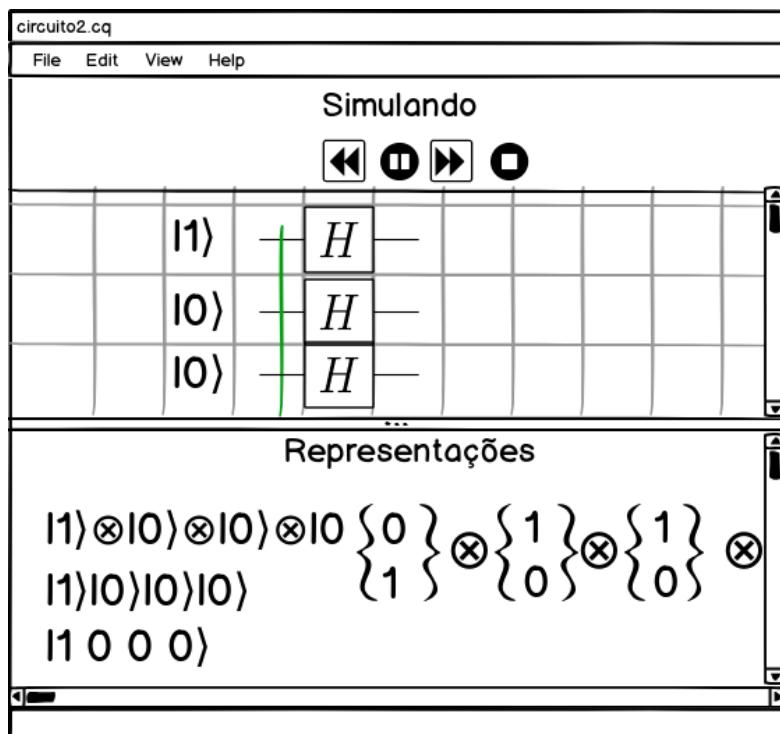


Figure 56. Fluxo Cenário 6 - Tela 13

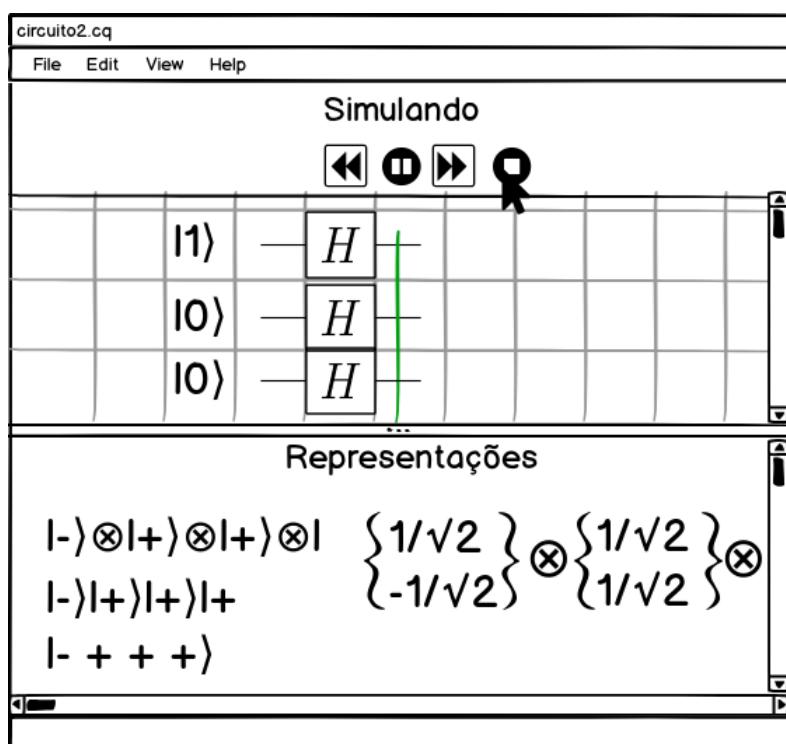


Figure 57. Fluxo Cenário 6 - Tela 14

7. Contexto Tecnológico

Basicamente, a Mecânica Quântica e, por transitividade, a Computação Quântica são Álgebra Linear aplicada. Por conseguinte, é interessante utilizar uma linguagem que facilite a aplicação de Álgebra Linear. Optou-se, logo, para o desenvolvimento do software para desktop a linguagem Python. A escolha da linguagem deu-se pois há inúmeros bibliotecas para Python para facilitar simulações e aplicações científicas, tais como o SciPy e o Numpy. Tanto é que Python é muito utilizado no meio acadêmico por pessoas que não são da área de computação. Uma outra vantagem é que, por ser interpretada (e alto nível), Python possibilita que o desenvolvedor se preocupe mais com a lógica de programação do que com detalhes específicos de implementação e da linguagem.

Pensou-se em utilizar interfaces Web para o desenvolvimento do software e proporcionar uma melhor interação entre usuários ou até mesmo atualizações mais constantes do tutorial. Entretanto, encontrou-se dificuldades para utilização de Python para web. Além disso, aplicações Web tendem a adicionar um certo overhead dependendo do navegador. Em relação à interface gráfica, a utilização de HTML talvez deixasse o processo de desenvolvimento lento. A última escolha ficou entre utilizar o QT ou o Tkinter, já que ambos funcionam para Python 3. Optou-se por adotar o Tkinter, já que ele é mais simples e menos verboso em comparação ao QT.

References

- Barbosa, S. and Silva, B. (2010). *Interação humano-computador*. Elsevier Brasil.
- Kaye, P., Laflamme, R., Mosca, M., et al. (2007). *An introduction to quantum computing*. Oxford University Press.
- Nielsen, M. A. and Chuang, I. (2002). Quantum computation and quantum information.
- Stamper, R. K. (2001). Organisational semiotics: Informatics without the computer? In *Information, organisation and technology*, pages 115–171. Springer.