

# Jogo Orientado a Dados para Tomada de Decisão e Simulação de Biópsia de Câncer de Mama

Rafael Garcia Barbosa  
PPGIA (CCT)

Universidade de Fortaleza (UNIFOR)  
Fortaleza-CE, Brasil  
bgrafael@gmail.com

Maria Andréia Formico Rodrigues  
PPGIA (CCT)

Universidade de Fortaleza (UNIFOR)  
Fortaleza-CE, Brasil  
andreia.formico@gmail.com

Eduardo Bruno S. Lustosa  
Lapin (DPDI)

Universidade de Fortaleza (UNIFOR)  
Fortaleza-CE, Brasil  
eduardobruno090@gmail.com

Juliana Amaral de Figueiredo  
Arquitetura e Urbanismo (CCT)

Universidade de Fortaleza (UNIFOR)  
Fortaleza-CE, Brasil  
jup.amaral77@gmail.com

Isabel Veras Beleza  
Medicina (CCS)

Universidade de Fortaleza (UNIFOR)  
Fortaleza-CE, Brasil  
isabel\_beleza@hotmail.com

Lúcio Roberto de O. das Neves  
Oncologia Clínica e Urgência

Secretaria Municipal de Saúde  
Sorocaba-SP, Brasil  
lucio.neves@gmail.com

**Resumo-** Este trabalho apresenta um jogo orientado a dados, com registro irrestrito de casos clínicos, para a educação de profissionais da saúde frente a diferentes escolhas de biópsias, comumente realizadas na jornada das pacientes com câncer de mama. Permite ainda a simulação de biópsias, por meio da interação do jogador com diferentes materiais utilizados em cada tipo de procedimento, com tomada de decisão baseada no sistema radiológico BI-RADS. Além disso, o jogo inclui a possibilidade de pesquisa de palavras-chaves em um glossário especialmente construído para o contexto do câncer de mama. Por fim, casos de uso também são apresentados, ilustrando três dos tipos mais relevantes de biópsias mamárias.

**Palavras-chave**— câncer de mama, tomada de decisão, biópsias, aprendizado, simulação, paradigma orientado a dados, casos de uso

## I. INTRODUÇÃO

O câncer de mama é o mais frequente e a maior causa de morte em mulheres no Brasil [1]. Mundialmente, a estimativa é que 1 a cada 8 mulheres sejam acometidas pela patologia durante a vida [2].

Dentre os tipos mais comuns de câncer de mama, destacam-se o *Carcinoma ductal in situ*, o *Carcinoma invasivo* (antigo *Carcinoma ductal invasivo*) e o *Carcinoma lobular invasivo* [3]. Por sua vez, o *Carcinoma ductal in situ* pode ainda ser classificado como “não invasivo” ou “pré-invasivo”. Muitas mulheres que recebem o diagnóstico de *Carcinoma ductal in situ* podem alcançar a cura, desde que façam o tratamento correto, assim que diagnosticado o câncer. O *Carcinoma invasivo* é uma categoria mais comum de câncer de mama, que se inicia em um ducto mamário. Por fim, o *Carcinoma lobular invasivo* tem origem nos lóbulos mamários, ou seja, nas glândulas responsáveis pela produção de leite. Esse tipo de câncer é o mais complexo de ser diagnosticado durante os exames radiológicos, em particular, na mamografia [4].

O câncer de mama tem letalidade relativamente baixa [5]: quando detectado precocemente, a de taxa de sobrevivência das

pacientes é de 95%; enquanto que, tardiamente, a taxa é reduzida para 40% [6]. Contudo, ainda assim, este cenário é avassalador, já que a maioria das mulheres ainda não é acompanhada pela mamografia de rastreamento (preventiva) ao longo da vida. Desta forma, a Organização Mundial de Saúde (OMS) e outras organizações incentivam políticas públicas para o controle do câncer de mama, baseadas na prevenção e diagnóstico precoce [7].

O processo de diagnóstico envolve vários exames e procedimentos. Entre os principais, estão os exames de imagens médicas, principalmente, a mamografia, e os procedimentos de biópsia do achado suspeito (Punção Aspirativa por Agulha Fina ou PAAF, Biópsia de Fragmento com Agulha ou BFA e Biópsia Cirúrgica) [4], [8].

As imagens médicas seguem uma estrutura de laudo e classificação padronizada (Fig. 1), baseadas no sistema radiológico *Breast Imaging Reporting and Data System* (BI-RADS) [9]. O BI-RADS provê um léxico para uniformizar o laudo diagnóstico, facilitando a interpretação dos resultados.

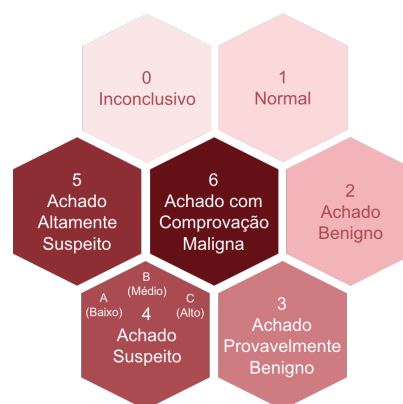


Fig. 1. Ilustração da classificação BI-RADS, construída a partir do referencial teórico disponível em [9] (Fonte: os próprios autores).

Já os procedimentos de biópsia são fundamentais para confirmar o diagnóstico médico, a partir de sugestões de conduta oriundas do BI-RADS. Durante a biópsia, porções de tecidos da área suspeita são removidos para serem analisados (macroscopicamente e microscopicamente) em laboratório. O tamanho da amostra extraída varia de acordo com as características específicas do achado (exames físicos e de imagens) e o procedimento de biópsia escolhido.

Este trabalho apresenta um jogo orientado a dados (o qual suporta um número ilimitado de casos clínicos) para a educação de profissionais em saúde, possibilitando o exercício da tomada de decisão frente a diferentes escolhas de biópsias mamárias e a simulação de biópsias de achados suspeitos, com base em sugestões de conduta do BI-RADS. Em maiores detalhes, foi usada a descrição textual do BI-RADS, extraída de exames de mamografia das pacientes, os quais foram disponibilizados de forma livre e consentida. O conteúdo do jogo foi validado por uma equipe interdisciplinar de profissionais especialistas na área da saúde, os quais também apreciam jogos digitais.

**Contribuição:** Até onde vai o conhecimento dos autores, este jogo é a primeira iniciativa no contexto da educação de profissionais da saúde, frente à jornada do câncer de mama, sob a ótica da tomada de decisão e simulação dos procedimentos de biópsia de tecido, com suporte para a modificação e habilitação do paradigma orientado a dados e registro irrestrito de casos clínicos de pacientes.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção, serão discutidos, em termos gerais, jogos na área da saúde, com especial atenção a jogos aplicados no domínio do câncer, finalizando com jogos especificamente orientados a dados.

### A. Jogos em Saúde e Câncer de Mama

Jogos digitais criados para outros fins, além do entretenimento, têm fidelizado muitos usuários nas últimas duas décadas [10]. Notoriamente, na área da saúde, jogos sérios [11], [12], [13], jogos transformacionais [14] e jogos baseados em simulação [15] têm importante potencial de impacto no público-alvo. Mais especificamente, estes tipos de jogos focam em educar enquanto divertem, comumente sendo utilizados por profissionais da saúde para ganhar experiência em situações da vida prática [16], [17], [18]. Neste contexto, aspectos de *design* e a modelagem de situações do mundo real são de suma importância para criar jogos de sucesso e torná-los mais atraentes, proporcionando uma melhor experiência ao usuário. Em geral, estes jogos incluem dinâmicas que envolvem tentativa e erro, repetições, pesquisas em glossários e elementos de *design* personalizados para o público-alvo.

Fato é que, apesar de extremamente relevantes, jogos digitais para a educação de estudantes de medicina, residentes e profissionais em saúde, focados no monitoramento de casos oncológicos, são bastante escassos [19]. Por exemplo, Rodrigues *et al.* focam na manutenção nutricional e medicamentosa da saúde da paciente em tratamento [20]. Já

*ILOVEBREAST* foi desenvolvido para o autogerenciamento de pacientes com câncer de mama, observando alguns efeitos colaterais causados pela quimioterapia [21]. Outros exemplos são *Re-Mission* [22], cujo objetivo é fornecer suporte ao câncer, empoderando os jogadores e incentivando a adesão ao tratamento; e *Ben's Game* [23], cujo foco é destruir células mutantes e coletar escudos protetores para os principais efeitos colaterais do tratamento, tais como, perda de cabelo. Diferentemente do trabalho aqui apresentado, o público-alvo é a paciente, ou seja, os jogos anteriormente mencionados não são voltados para o aprendizado de profissionais da saúde. Além disso, não permitem o aprendizado com base na tentativa e erro, repetições e pesquisas em glossários e cadastros em dicionários, nem se concentram na tomada de decisão quando da realização de diferentes tipos de biópsia de tumores.

Representando um dos poucos jogos projetados para estudantes de medicina e focado em aspectos educacionais, *Oncology Game* apresenta aspectos multidisciplinares para o monitoramento de pacientes com o objetivo de reforçar os princípios gerais do tratamento do câncer [24]. Apesar de abordar um dos públicos-alvo deste trabalho (isto é, estudantes de medicina), este jogo possui importantes limitações, entre as quais: aborda apenas o conteúdo introdutório do tratamento do câncer, limita o número de cenários de casos clínicos a 16 (não é extensível, nem personalizável) e não incorpora a tomada de decisão relacionada a opções de biópsia no processo de conduta.

Por fim, *CancerSPACE* é um jogo para profissionais da saúde, voltado para a área da educação no contexto do rastreamento do câncer, via simulação *on-line* interativa [25]. Diferentemente do jogo apresentado neste trabalho, *CancerSPACE* concentra-se em melhorar o processo da triagem do câncer, não abordando formas de procedimentos específicos, tais como biópsias, nem modelando cenários ilimitados de casos clínicos.

### B. Jogos Orientados a Dados

Vários jogos têm sido desenvolvidos com arquiteturas orientadas a dados para permitir a modificação e extensão de aspectos internos do jogo, sem a necessidade de recompilá-lo. Esses dados geralmente são expostos em arquivos com formatos de simples leitura e modificação, como *JavaScript Object Notation* (JSON) [26] ou, nos casos em que o jogo aceita uma ampla modificação de sua lógica interna (ou mesmo a criação de um novo conteúdo), este poderá ler e processar *scripts* gerados em linguagens específicas.

Jogos que permitem diferentes níveis de modificação através de *scripts*, conhecidos como *mods* (abreviação de “modificação”) [27] tornaram-se extremamente populares entre os jogadores. Alguns exemplos comerciais de sucesso nesta categoria são mundialmente famosos: *Dota 2* e *World of Warcraft*. Mais especificamente, *Dota 2* permite a criação de novos modos de jogo, mapas, lógica, uso de novas malhas e animações 3D. Por sua vez, *World of Warcraft* possibilita a criação de ferramentas, geralmente visuais, exibidas na tela do jogador para auxiliar a jogabilidade, simplificando ou destacando elementos da interface do jogo.

Vale ressaltar que a ideia de *mods* nos jogos não é nova. *Half Life* [28] já oferecia aos usuários a opção de criar *mods*, possibilitando a construção de vários títulos, os quais ganharam fama a ponto de tornarem-se jogos completos, por exemplo, *Counter-Strike* e *Team Fortress 2*.

O jogo apresentado neste trabalho é inspirado na ideia de modificação, mas de maneira mais simples e sintetizada, quando comparada a dos jogos comerciais mencionados anteriormente. A possibilidade de modificação é estendida a alguns arquivos no formato JSON, entre os quais: arquivos que descrevem formas de procedimentos de biópsia mamária e arquivos que especificam cenários de casos clínicos de pacientes. Cada tipo de arquivo tem sua peculiaridade e impacto dentro do jogo. Dentre os quais, um dos mais desafiadores, é o arquivo descritivo da paciente, responsável pela geração ilimitada de casos médicos com diferentes perfis de tipos de câncer e pacientes, aumentando significativamente o número de cenários de aprendizagem. Alguns desses dados são: nome da paciente, idade, histórico familiar, personalização da aparência da personagem, exames médicos realizados, perfis tumorais, etc. O jogo considera, aleatoriamente, diferentes casos com diferentes pacientes para ser acompanhado e solucionado pelo jogador.

### III. DESENVOLVIMENTO DO JOGO

Esta seção provê uma visão geral da Arte e *Design* do jogo desenvolvido, detalha o editor de casos clínicos de pacientes implementado, apresenta as simulações de procedimentos de biópsia modeladas e as animações concebidas, finalizando com a descrição da funcionalidade de glossário desenvolvida, a qual integra o jogo.

#### A. Arte e Design

Toda a arte e *design* do jogo é original, personalizada para o público-alvo da área da saúde, sendo as cores, fontes de texto e identidade visual dos elementos da tela concebidos com base no conceito do jogo, bem como em seus *layouts*, gerando uma composição harmônica e bastante delicada, em sintonia com o tema “câncer de mama”. Para tal, foi realizado um estudo detalhado sobre os aspectos psicológicos das cores e formas, fundamental para a concretização da arte [29] e mapeamento adequado para diferentes plataformas de execução, particularmente, quaisquer dispositivos com telas de razão 5:4 ou 4:3, com resolução maior ou igual a HD 1280x720. Além disso, para tornar o jogo mais verossímil perante o seu público-alvo, este foi construído tendo como colaboradores, dois profissionais da área da saúde (uma estudante de medicina e um médico oncologista).

No jogo, o corpo da paciente é composto por diversos órgãos e sistemas. Fica a critério do jogador, ativar a visualização simultânea destes ou a visualização individual, exibida na aba lateral direita da Fig. 2.a. Ao clicar nesta aba, uma janela desliza para a esquerda, exibindo quatro botões de alternância de opções de visualização, mostrados na Fig. 2.b: três são usados para ativar/desativar a visualização dos sistemas do corpo humano (circulatório, esquelético e

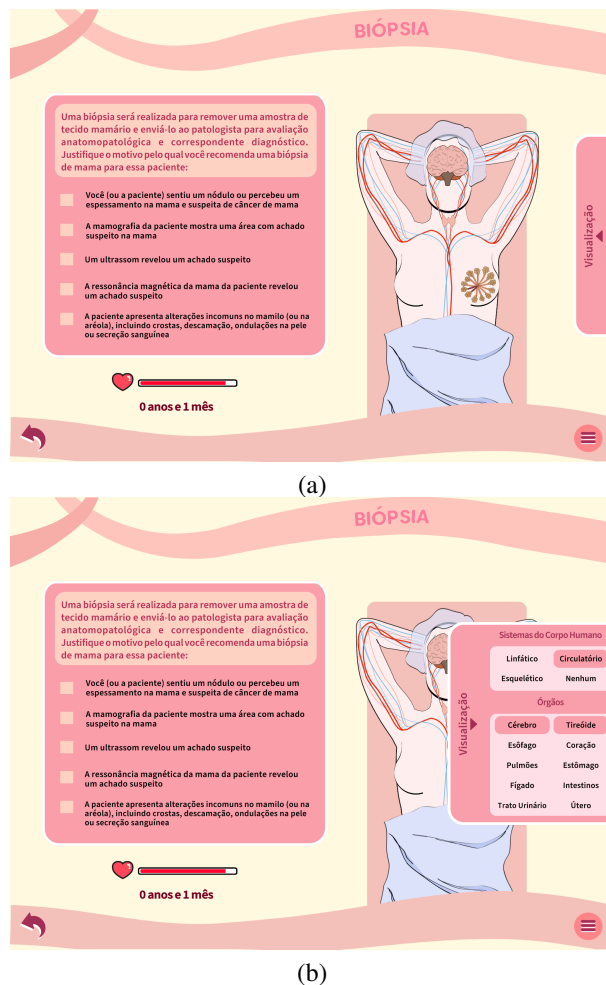


Fig. 2. Telas iniciais do procedimento de biópsia. O jogador justifica a recomendação de biópsia do achado suspeito na mama da paciente em (a). Outros recursos da interface, embutidos na aba da direita (Visualização) em (b), permitem que órgãos e sistemas do corpo humano da paciente (linfático, circulatório, ósseo) possam também ser exibidos.

linfático) e um para desabilitar a visualização simultânea de todos os sistemas. Quando o usuário seleciona um destes botões, o mesmo muda de cor para informar o estado (ativo ou desativo) e mostra (ou esconde) o sistema específico (o mesmo se aplica para a visualização dos órgãos). Na parte central, são exibidos os botões de alternância para os órgãos. Para esconder o menu, basta clicar na região esquerda do mesmo, onde há uma seta. Opcionalmente, além do controle via usuário, a exibição e omissão dos órgãos e sistemas pode ser feita através de código. Além disso, o sistema responsável pelos eventos gerados pela interação do usuário com o menu dispõe ainda de um método que permite ao desenvolvedor enviar uma lista de órgãos e sistemas que deseja exibir no jogo; aqueles não presentes nessa lista serão omitidos. Uma barra de vida da paciente é exibida em todas as telas do jogo, durante a jornada do procedimento de biópsia. Uma tomada de decisão demorada ou não compatível com a conduta esperada, registrada no editor de casos clínicos, pode comprometer a

vida da paciente.

Por fim, as ferramentas e linguagens usadas para desenvolver o jogo foram *Unity*, *Microsoft Visual Studio*, *Adobe Illustrator CC*, *Photoshop CS6* e *Java*.

### B. Editor de Casos Clínicos de Pacientes

Adicionalmente ao jogo desenvolvido, também foi construído um editor que permite a criação ilimitada de casos clínicos personalizados de pacientes, baseados em dados reais de tratamento de câncer. Através do editor, é possível armazenar qualquer informação pertinente ao contexto do jogo, por exemplo, a idade da paciente, o histórico familiar, os resultados de exames previamente realizados, etc.

A motivação para o desenvolvimento do editor está relacionada às vantagens da separação entre os dados e a lógica do jogo. Em primeiro lugar, garante adaptabilidade e extensibilidade do jogo diante de novos casos clínicos registrados. Além disso, esses cadastros podem ser realizados sem necessidade de uma redistribuição do aplicativo. Finalmente, essa organização facilita a expansão da base de dados de aprendizagem.

A interface dedicada, implementada para a troca de dados de entrada entre o jogo e outros aplicativos, define um formato de arquivo através do qual todos os dados necessários ao jogo podem ser transmitidos. Neste trabalho, o formato escolhido para a troca de dados foi o JSON [26], amplamente usado nos aplicativos atuais. A partir da interface, é possível registrar dados de entrada e gerar o arquivo JSON esperado pelo jogo, conforme mostra a Fig. 3. Um arquivo é gerado para cada novo caso de paciente, sendo todos agrupados em um diretório específico para a composição da base de dados, a qual será lida pelo jogo.

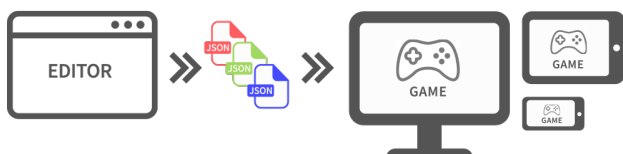


Fig. 3. Troca de dados entre aplicações.

As interfaces gráficas do Editor foram projetadas de forma flexível para permitir o registro de qualquer conjunto de dados e sua exportação para o formato JSON. Para tanto, é necessário definir primeiramente o conjunto de termos usados pelo domínio da aplicação, isto é, o dicionário. Em seguida, podem ser registrados os dados em si, a partir do dicionário criado.

O Editor apresenta uma tela de registro do dicionário. Os termos são cadastrados a partir de três campos: *key* (o termo em si), *type* (o tipo de dado do termo) e *values* (valores predefinidos no caso de uma enumeração). No cenário do câncer de mama, inúmeros termos podem ser usados, alguns dos quais foram listados no Algoritmo 1.

Após a definição dos termos do domínio, é possível escolher um dos termos previamente cadastrados (campo *key*) e associá-lo a um valor (campo *value*). Considerando que em um arquivo JSON alguns campos podem ser aninhados em outros (como em objetos ou vetores), também foi incluído um terceiro campo para indicar se o termo sendo cadastrado é filho de outro (campo *parent*). Este último campo é preenchido com os termos já previamente cadastrados. Além de apresentar os trios de *chave-valor-pai* na forma de uma tabela abaixo dos campos, também é fornecida uma área de texto abaixo da tabela com uma visualização do arquivo JSON a ser gerado. O objetivo é permitir que os usuários visualizem com antecedência o formato final do arquivo, percebam a hierarquia existente entre os elementos e validem a estrutura esperada, conforme definido na interface com o aplicativo, neste trabalho, o jogo.

```
{ "dictionary": {
  { "key": "Name",
    "type": "String",
    "values_list": "" },
  { "key": "Exams",
    "type": "Array",
    "values_list": "" },
  { "key": "ExamType",
    "type": "Enum",
    "values_list": "Mammography, MRI, US, Biopsy" },
  ...
}
```

Algoritmo 1. Parte do arquivo JSON do Dicionário.

### C. Simulação de Procedimentos de Biópsia

Alguns tipos de biópsia usam uma agulha para punção do material suspeito, a qual pode ser de calibre fino ou grosso, enquanto outros fazem a extração através de uma incisão cirúrgica. A escolha do tipo de biópsia depende de uma série de fatores, tais como, o tamanho, o número de ocorrências dos achados suspeitos e suas localizações [8]. Além disso, o médico da paciente também pode levar em conta, durante o exame físico da mama, o quão suspeita é a alteração, o histórico familiar, as comorbidades preexistentes e as escolhas pessoais [9].

No jogo desenvolvido, o usuário pode escolher o tipo ideal de biópsia, a partir de um caso médico apresentado. A Fig. 4 mostra a tela principal do jogo contendo as três opções de biópsias mencionadas anteriormente: PAAF, BFA e Biópsia Cirúrgica [4], [8].

Mais especificamente, a PAAF corresponde ao tipo de biópsia menos invasiva por utilizar uma agulha muito fina acoplada a uma seringa para aspirar uma pequena quantidade de tecido ou fluido da área suspeita da mama da paciente. Se o tumor não puder ser facilmente palpável ou visualizado pelo médico, o processo pode ser guiado por ultrassom. Para a PAAF, foram modelados no jogo os materiais utilizados no procedimento, os quais incluem a seringa de anestesia, o aparelho de ultrassom, a seringa com a agulha destinada ao procedimento e o pote de armazenamento do tecido mamário removido.

Às vezes, na PAAF pode haver a remoção insuficiente de tecido para detectar, com acurácia, o perfil histopatológico do tumor. Caso o profissional médico opte por um procedimento com um maior grau de confiabilidade, porém, mais invasivo que a PAAF, uma opção seria a BFA.

Na BFA, os itens que diferem da PAAF são a pistola com uma agulha grossa e a bolsa de gelo. Esta última, costuma ser utilizada nas primeiras 24 horas após o procedimento para diminuir a ocorrência de dor, inchaço, sangramento e formação de hematomas, inerentes ao procedimento.

Comumente, os médicos optam primeiramente por um dos procedimentos de biópsia apresentados anteriormente, os quais são menos invasivos, para determinar as características do tumor. Contudo, a biópsia cirúrgica, a qual é mais invasiva, faz-se necessária em vários cenários nos quais a tomada de decisão frente aos resultados de exames prévios ainda é inconclusiva. Neste caso, o médico realiza uma incisão na mama da paciente, no ponto onde está localizado o achado suspeito, para extrair uma região sólida deste (neste caso, as margens cirúrgicas do tecido retirado podem ficar livres ou não do tumor, caso se comprove existente).

#### D. Animações

Para prover uma melhor experiência e despertar um maior engajamento no usuário enquanto aprende, cada tomada de decisão do jogador implica em uma consequência no jogo, a qual dispara uma animação correspondente. Caixas de diálogos também foram implementadas com o objetivo de guiar o jogador ao longo de sua experiência, frente à paciente com suspeita de câncer de mama.

Animações de translação, escala, rotação e esmaecimento presentes no jogo são realizadas através do *plugin DOTween*, disponibilizado gratuitamente na loja de *plugins* da *Unity 3D*. Esta ferramenta possibilita a criação de animações por código C#, através de interpolações feitas sobre uma curva (a qual pode ser modificada), guiadas por valores iniciais e finais. Existem diferentes tipos de curvas já implementadas na ferramenta e cada uma é responsável por modificar a suavidade da interpolação. Cada animação instanciada é chamada de *Tween*, podendo ser usada para  $n$  elementos que o programador planeje animar. Além disso, cada *Tween* possui diversos eventos que são disparados quando atingem uma condição especial, por exemplo, “*OnComplete*”. Outras funcionalidades que merecem destaque dizem respeito aos *Tweens*, os quais podem ser: (1) aninhados, (2) configurados para repetirem  $n$  vezes antes de finalizarem e (3) interrompidos a qualquer momento.

#### E. Glossário

No jogo, como mais uma forma de educar, foi construído um glossário facilmente extensível, no qual constam palavras, textos e termos relacionados aos procedimentos de biópsia em câncer de mama. Este pode ser usado tanto para aprendizado, quanto para eventuais consultas, quando houver dúvidas nas tomadas de decisão durante o jogo. Dessa forma, se julgar necessário, o jogador conseguirá se orientar muito mais facilmente e se preparar melhor para o desafio das tomadas de decisão no jogo.

Um algoritmo de busca simples, integrado a componentes de texto e de rolagem nativos da *Unity 3D*, foi implementado para possibilitar

a busca de palavras no glossário. Basicamente, após o jogador digitar uma palavra na barra de busca da tela (Fig. 5), por exemplo, “BFA”, a mesma é procurada em todas as linhas presentes no componente onde o texto é armazenado. Caso seja encontrada em uma linha, uma estrutura é criada para armazenar as informações específicas, contendo a palavra em si, o índice no texto onde a primeira e a última letra desta palavra aparecem e o número da linha onde esta foi encontrada. Por sua vez, cada ocorrência é adicionada em uma lista de ocorrências, a qual é zerada toda vez que o usuário buscar uma palavra diferente da palavra previamente pesquisada, além de ser também destacada visualmente no texto do glossário para que o usuário possa identificá-la mais facilmente. Adicionalmente, na implementação corrente de busca da palavra, através do componente de rolagem da tela, é calculada uma normalização entre 0 e 1, comparando o tamanho da janela de exibição do texto (*viewport*), com o da janela de texto em si. A partir desta informação, o valor da normalização do componente de rolagem é atualizado, com o valor da posição da ocorrência da palavra. Essa atualização é feita utilizando a ferramenta *DOTween*, possibilitando que a rolagem pelo glossário seja feita de forma suave.

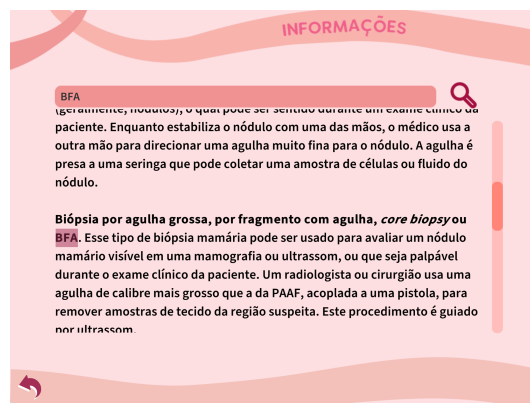


Fig. 5. Telas de busca de informação no glossário do jogo, para letramento sobre conteúdo relacionado ao procedimento de biópsia de câncer de mama.

## IV. CASOS DE USO

Nesta seção, serão apresentados três casos de uso modelados no Editor e integrados ao jogo, todos três, baseados em casos reais, divulgados com consentimento livre e esclarecido das participantes. Mais especificamente, foram cedidos pelas co-autoras deste trabalho e por membros da família dos co-autores, mulheres estas, todas acometidas pelo câncer de mama. Os nomes das pacientes no jogo são fictícios.

**A. Caso 1: Paciente de nome Blanchett, K., 42 anos de idade, sexo feminino, com mamografia realizada com resultado BI-RADS 0 (inconclusivo - Fig. 1), apresentando achados suspeitos nos Quadrantes Inferior Interno e Externo, respectivamente, das mamas esquerda e direita (o maior deles, na mama esquerda).**

Este estudo do caso levou o jogador à tomada de decisão do procedimento de biópsia PAAF no Quadrante Inferior Interno da mama esquerda, mostrado nas Figs. 6.a-d. Para que o procedimento seja iniciado, o usuário arrasta o instrumento médico até o local alvo na mama. O processo inicia-se com a aplicação de anestesia local (Fig. 6.a). Em sequência, a Fig. 6.b ilustra um instante da animação, no qual a seringa para punção aspirativa do material suspeito guiada por ultrassom está sendo usada pelo jogador. Após a coleta do material, este é inserido em um recipiente lacrado (Fig. 6.c) e enviado

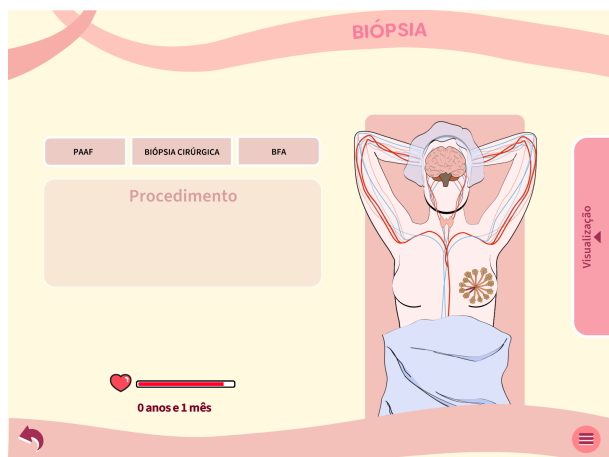


Fig. 4. Tela principal com 3 tipos de biópsias: PAAF, BFA e Biópsia Cirúrgica.

para estudo histopatológico. Os resultados finais são mostrados no relatório de patologia (Fig. 6.d).

**B. Caso 2: Paciente de nome Deneuve C., 46 anos de idade, sexo feminino, com mamografia realizada com resultado BI-RADS 0 (inconclusivo - Fig. 1), e magnificação, com resultado 4C (achado suspeito - risco alto - Fig. 1), ambas apresentando opacidade nodular de contornos espiculados com distorção arquitetural focal associada no Quadrante Inferior Externo da mama esquerda.**

Este estudo de caso levou o jogador à tomada de decisão do procedimento de biópsia BFA no Quadrante Inferior Externo da mama esquerda, mostrado nas Figs. 7.a-d. Nesse caso, o processo também inicia com a aplicação da anestesia local (Fig. 7.a), seguida pela execução do procedimento BFA (Fig. 7.b) usando a pistola com agulha de calibre grosso para extração e o ultrassom como guia. Na sequência, a Fig. 7.c mostra o instante da animação onde o material coletado é devidamente armazenado e a bolsa de gelo é usada para minimizar os efeitos colaterais do procedimento. Finalmente, a Fig. 7.d mostra o resultado do estudo histopatológico.

**C. Caso 3: Paciente de nome Gadot, G., 44 anos de idade, sexo feminino, com mamografia realizada com resultado BI-RADS 0 (inconclusivo - Fig. 1), apresentando formações nodulares císticas, sendo que o nódulo cístico da mama esquerda apresenta conteúdo anecóico homogêneo e situa-se no Quadrante Inferior Externo.**

Este estudo do caso levou o jogador à tomada de decisão do procedimento de biópsia cirúrgica na região suspeita, no Quadrante Inferior Externo da mama esquerda, mostrado nas Figs. 8.a-d. O procedimento se inicia com anestesia geral aplicada no acesso existente no braço da paciente (Fig. 8.a). O procedimento cirúrgico é realizado guiado por ultrassom (Fig. 8.b). A Fig. 8.c mostra o instante no qual há a remoção da região suspeita e seu devido armazenamento. A região da incisão é suturada (Fig. 8.c) e um curativo é colocado sobre a incisão (Fig. 8.d). Assim como nos outros casos, o resultado da imunohistoquímica é apresentado ao jogador (Fig. 8.d).

Finalmente, com base nos resultados dos relatórios de patologia de cada biópsia mamária, no jogo é apresentado ao jogador uma tela para a escolha da conduta mais apropriada (Fig. 9), para cada caso de paciente, dentre as seguintes: (1) Realizar acompanhamento de rastreio, em 6 meses; (2) Refazer exame de biópsia para maior esclarecimento; (3) Encaminhar a paciente para cirurgião plástico; ou (4) Encaminhar a paciente para tratamento de câncer. Em particular, para os casos anteriormente apresentados, as condutas idealmente a serem recomendadas pelo jogador deveriam ser: *Caso 1*: realizar acompanhamento de rastreio, em 6 meses; *Caso 2*: encaminhar a paciente para cirurgião plástico para retirada do tumor; e *Caso 3*: encaminhar a paciente para tratamento de câncer.

**V. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS**

Neste trabalho, foi apresentado um jogo original, com arte personalizada, para o aprendizado de profissionais e estudantes da saúde, envolvidos nas tomadas de decisão e realização de biópsias em câncer de mama. Três das principais formas de biópsia mamárias foram detalhadamente modeladas e simuladas (PAAF, BFA e cirúrgica). A partir de um Editor concebido para conter um número ilimitado de casos clínicos, variadas tomadas de decisão e relatórios patológicos podem ser automaticamente gerados no jogo para auxiliar o jogador na conduta recomendada para cada paciente.

Visando contribuir ainda mais para o aprendizado dos jogadores sobre os detalhes dos procedimentos de biópsia e do relacionamento destes com a jornada do câncer de mama em si, o jogo disponibiliza um glossário, útil para a busca de informações pelo usuário, de forma

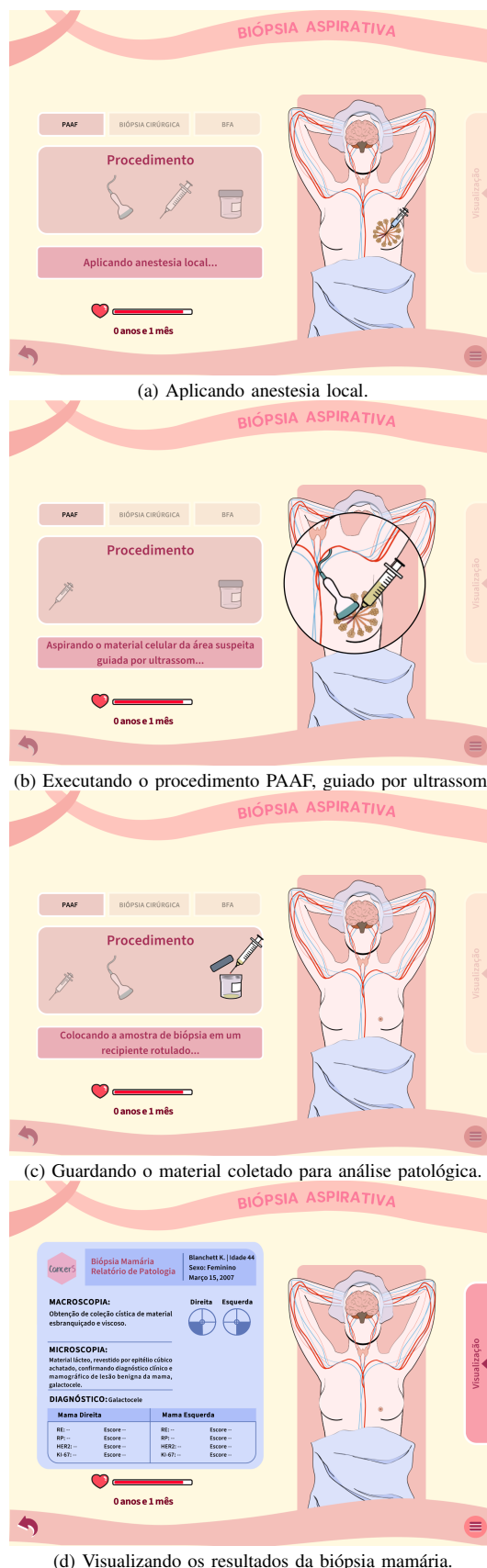


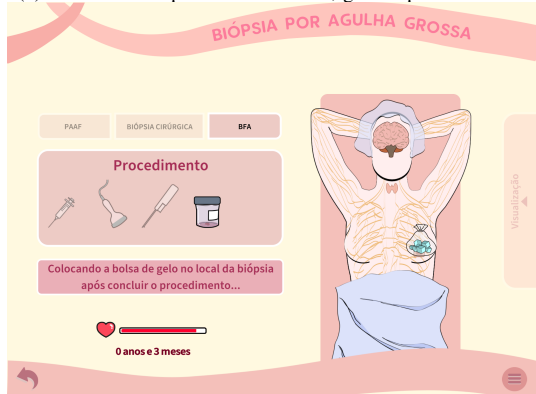
Fig. 6. Telas principais da PAAF com os materiais usados na biópsia mamária da paciente Blanchett, K. (nome fictício no jogo).



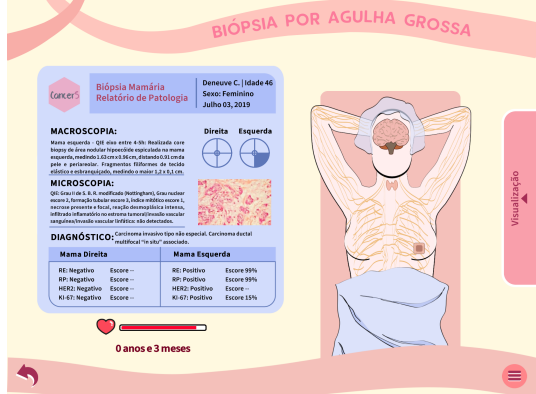
(a) Aplicando anestesia local.



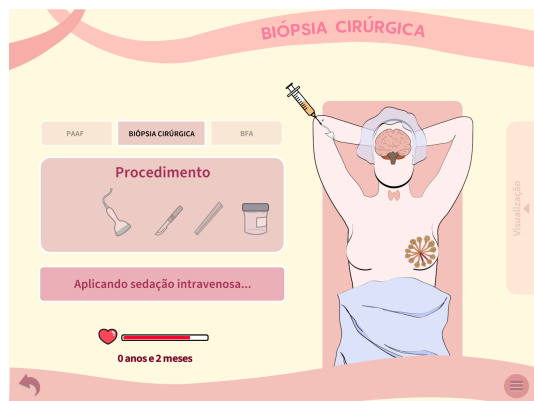
(b) Executando o procedimento BFA, guiado por ultrassom.



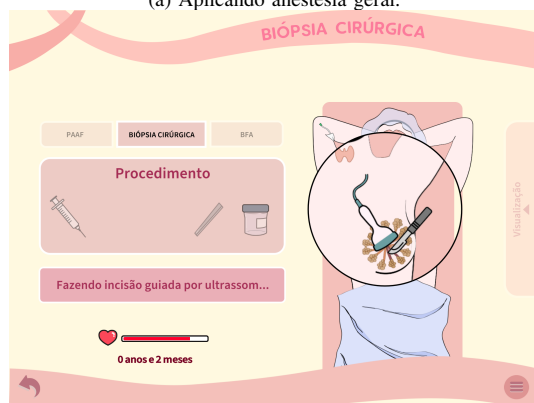
(c) Guardando material para análise patológica e colocando bolsa de gelo.



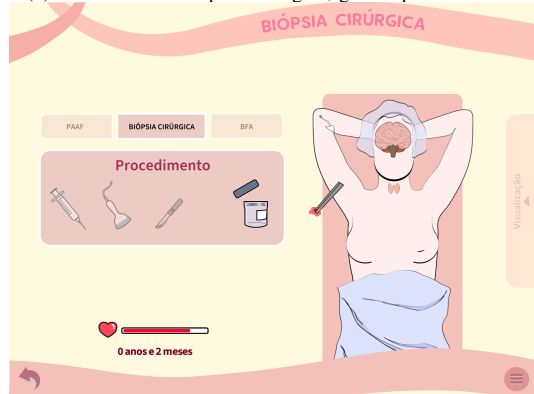
(d) Visualizando os resultados da biópsia mamária.



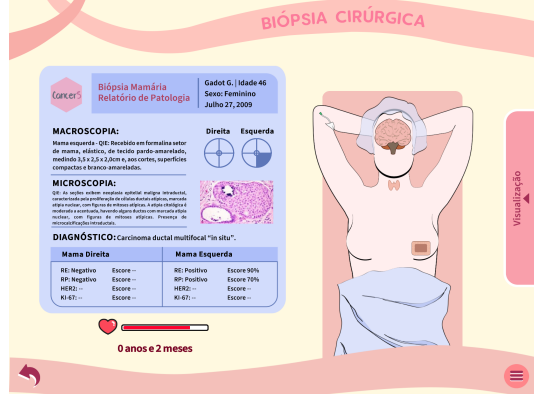
(a) Aplicando anestesia geral.



(b) Executando a Biópsia Cirúrgica, guiada por ultrassom.



(c) Guardando o tecido para análise patológica.



(d) Visualizando os resultados da biópsia mamária.

Fig. 7. Telas principais da BFA com os materiais usados na biópsia mamária da paciente Deneuve, C. (nome fictício no jogo).

Fig. 8. Telas principais da Biópsia Cirúrgica com os materiais usados na biópsia da mama da paciente Gadot, G. (nome fictício no jogo).

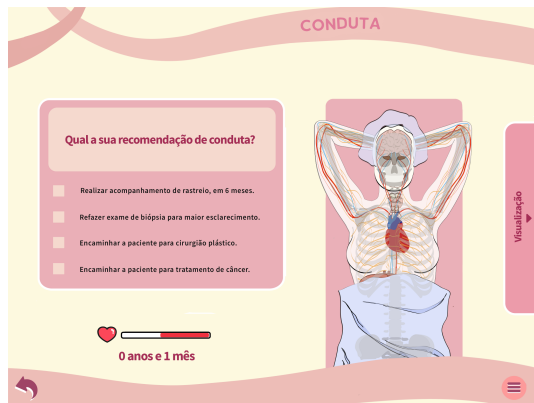


Fig. 9. Tela de conduta médica, baseada no relatório de patologia da biópsia mamária.

interativa. Adicionalmente, utilizando uma abordagem orientada a dados, foi possível separar a lógica dos dados do jogo. Neste sentido, a inclusão de novos casos clínicos de pacientes e de informações para o glossário pode ser realizada facilmente e de forma customizada, permitindo o cadastro e a exportação destes para arquivos específicos a serem lidos pelo jogo. Utilizando o editor, três diferentes casos de uso, baseados em casos reais de pacientes que fizeram biópsia de mama, foram criados com sucesso para o jogo.

Dentre os principais desafios, merecem destaque a orquestração e a manutenção da sinergia entre os membros da equipe multidisciplinar para o desenvolvimento do jogo. Em termos da experiência de usuário, a limitação atual é a ausência ainda de trilha e efeitos sonoros especialmente concebidos para o jogo em questão. Tendo em vista que o jogo visa retratar um tema sério e delicado, de forma lúdica, uma colaboração com um especialista em trilha sonora e efeitos, que acompanhe essa mesma estética, ainda está sendo procurada.

Como trabalhos futuros, planeja-se a inclusão de novos casos de uso, bem como a realização de testes com usuários (os quais foram impossíveis de serem realizados durante a pandemia). Adicionalmente, prevê-se a adição de novas funcionalidades que envolvam o tratamento do câncer de mama. Em versões futuras do jogo, espera-se que extensões possam ser naturalmente incorporadas para contemplar também outros tipos de câncer.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (DPDI) da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) pelo suporte financeiro recebido.

#### REFERÊNCIAS

- [1] “Atlas da mortalidade,” Instituto Nacional de Câncer, 2018. [Online]. Available: <https://mortalidade.inca.gov.br/MortalidadeWeb/>
- [2] “Global cancer: Facts & figures,” American Cancer Society, 2018. [Online]. Available: <http://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/global-cancer-facts-and-figures/global-cancer-facts-and-figures-4th-edition.pdf>
- [3] BREASTCANCER.ORG. (2017) Breast cancer treatment causes severe side effects in many women. [Online]. Available: <https://www.breastcancer.org/research-news/tx-causes-severe-side-effects-for-many>
- [4] A. C. Society. (2020) Cancer a-z. [Online]. Available: <https://www.cancer.org/cancer.html>
- [5] INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER, *Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil*. Instituto Nacional de Câncer, 2020.
- [6] M. R. Guerra, G. A. Silva, M. C. Nogueira, I. C. G. Leite, R. d. V. C. d. Oliveira, J. R. D. Cintra, and M. T. Bustamante-Teixeira, “Sobrevida por câncer de mama e iniquidade em saúde,” *Cadernos de Saúde Pública*, vol. 31, pp. 1673–1684, 2015.
- [7] “Breast cancer,” World Health Organization, 2018. [Online]. Available: <https://www.who.int/cancer/prevention/diagnosis-screening/breast-cancer/en/>
- [8] “Testing biopsy and cytology specimens for cancer,” American Cancer Society, year=2015, urlaccessdate=2020. [Online]. Available: <https://www.cancer.org/treatment/understanding-your-diagnosis/tests/testing-biopsy-and-cytology-specimens-for-cancer/biopsy-types.html>
- [9] “Sistema BI-RADS: condutas,” Fundação Oswaldo Cruz, 2018. [Online]. Available: <https://portaldeboaspraticas.iff.fiocruz.br/atencao-mulher/sistema-bi-rads-condutas/>
- [10] P. Wilkinson, “A brief history of serious games,” in *Entertainment computing and serious games*. Springer, 2016, pp. 17–41.
- [11] M. A. F. Rodrigues, D. V. Macedo, H. P. Pontes, Y. R. Serpa, and Y. R. Serpa, “A serious game to improve posture and spinal health while having fun,” in *2016 IEEE International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. IEEE, 2016, pp. 1–8.
- [12] M. A. F. Rodrigues, Y. R. Serpa, D. V. Macedo, and E. S. Sousa, “A serious game to practice stretches and exercises for a correct and healthy posture,” *Entertainment Computing*, vol. 28, pp. 78–88, 2018.
- [13] M. Rodrigues, D. Macedo, Y. R. Serpa, C. Martins, P. Candolo, T. Gobet, Y. R. Serpa, and L. Secundino, “Combatendo a halitose: Um serious game multiplataforma em saúde bucal,” *Anais do XIII SBGames*, pp. 210–219, 2014.
- [14] S. Culyba, *The Transformational Framework: A process tool for the development of Transformational games*. Carnegie Mellon University, 2018.
- [15] L. A. Pires, Y. R. Serpa, and M. A. F. Rodrigues, “Simimplanto-a virtual dental implant training simulator,” in *2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*. IEEE, 2016, pp. 193–197.
- [16] L. T. Kohn, J. Corrigan, M. S. Donaldson et al., *To err is human: building a safer health system*. National Ac. Press, 2000, vol. 6.
- [17] R. Safdari, M. Ghazisaeidi, A. Goodini, M. Mirzaee, J. Farzi et al., “Electronic game: A key effective technology to promote behavioral change in cancer patients,” *Journal of cancer research and therapeutics*, vol. 12, no. 2, p. 474, 2016.
- [18] M. Prensky, “Digital game-based learning,” *Computers in Entertainment (CIE)*, vol. 1, no. 1, pp. 21–21, 2003.
- [19] P. M. Kato, “Video games in health care: Closing the gap,” *Review of general psychology*, vol. 14, no. 2, pp. 113–121, 2010.
- [20] M. A. F. Rodrigues, E. B. S. Lustosa, R. G. Barbosa, J. A. de Figueiredo, I. V. Belez, R. L. V. Salviano, R. E. B. Queiroz, and L. R. d. O. das Neves, “Game-based learning for health professionals working in cancer care,” in *2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*. IEEE, 2020, pp. 1–8.
- [21] H. J. Kim, S. M. Kim, H. Shin, J.-S. Jang, Y. I. Kim, and D. H. Han, “A mobile game for patients with breast cancer for chemotherapy self-management and quality-of-life improvement: randomized controlled trial,” *Journal of Medical Internet Research*, vol. 20, no. 10, p. e273, 2018.
- [22] P. M. Kato, S. W. Cole, and et al., “A video game improves behavioral outcomes in adolescents and young adults with cancer: a randomized trial,” *Pediatrics*, vol. 122, no. 2, pp. e305–e317, 2008.
- [23] B. Schouten, S. Fedtke, T. Bekker, M. Schijven, and A. Gekker, *Games for Health: Proceedings of the 3rd European Conference on Gaming and Playful Interaction in Health Care*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [24] S. G. Fukuchi, L. A. Offutt, J. Sacks, and B. D. Mann, “Teaching a multidisciplinary approach to cancer treatment during surgical clerkship via an interactive board game,” *The American Journal of Surgery*, vol. 179, no. 4, pp. 337–340, 2000.
- [25] J. Swarz, A. Ousley, A. Magro, M. Rienzo, D. Burns, A. Lindsey, B. Wilburn, and S. Bolcar, “Cancerspace: A simulation-based game for improving cancer-screening rates,” *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 30, no. 1, pp. 90–94, 2009.
- [26] ECMA. (2017) Standard ECMA 404 - the JSON data interchange syntax. [Online]. Available: <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>
- [27] R. Letzter. (2015) Online communities are changing video games to make them better, weirder, and much more wonderful. [Online]. Available: <https://www.businessinsider.com/video-game-modding-2015-7>
- [28] Valve. (2019) Valve hammer editor. [Online]. Available: [https://developer.valvesoftware.com/wiki/Valve\\_Hammer\\_Editor](https://developer.valvesoftware.com/wiki/Valve_Hammer_Editor)
- [29] F. Birren, “Color and human response,” *Color Research & Application*, vol. 8, no. 2, pp. 75–81, 1983.