

Combatendo a Halitose: Um *Serious Game* Multiplataforma em Saúde Bucal

Maria Andréia F. Rodrigues¹, Daniel V. Macedo¹, Yvens R. Serpa¹,
Cláudio Martins², Pedro H. T. Candolo², Thiago Gobet, Ygor R. Serpa¹, Leandro F. Secundino

¹Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada (PPGIA)
Fortaleza-CE Brasil

²GUASH
Fortaleza-CE Brasil

Resumo

Este trabalho apresenta um *serious game* multiplataforma original, nomeado de *Combatendo a Halitose*, concebido para a promoção da saúde oral. Adicionalmente, detalha todas as atividades realizadas em cada fase do processo de desenvolvimento do jogo, as principais estratégias e soluções implementadas (desde a concepção, *arte & design*, sonorização, *gameplay*, até a programação do jogo) e as principais limitações identificadas nas ferramentas gráficas usadas. Todas essas informações são particularmente interessantes e úteis para a comunidade de desenvolvedores de jogos digitais. Além disso, testes iniciais com usuários mostraram que o jogo propicia experiências que simultaneamente cativam, educam e entretêm.

Palavras-chave: *design*, processo de desenvolvimento, jogo sério, multiplataforma, saúde bucal

Abstract

This work presents an original multiplatform serious game named *Combatendo a Halitose*, conceived for promoting the oral health. Additionally, it details all the activities performed at each stage of the game development process, the key strategies and solutions implemented (since the conception, art & design, sound process, gameplay, until the game programming), and the main limitations identified in the graphical tools used. All such information is particularly interesting and useful for the community of games developers in general. Moreover, initial user tests showed that the game provides experiences that simultaneously captivate, educate and entertain.

Keywords: design, development process, *serious game*, multiplatform, oral health

Contato dos autores: {andrea.formico,
danielvalentemacedo, yvensre, claudiobox,
pedroturano, thiagogob, ygor.reboucas,
lfsecund}@gmail.com

1. Introdução

A halitose atinge grande parte da população mundial, mas muitas pessoas desconhecem esse problema [Challacombe *et al.* 2011]. Também conhecida como mau hálito, na grande maioria dos casos, é causada pela falta de higiene oral ou de limpeza dos dentes, gengivas e língua. Em particular, é na língua que ficam acumulados restos de alimentos e, conseqüentemente, bactérias, que ao fermentar os restos alimentares presentes na boca produzem gases derivados do enxofre, responsáveis pelo mau hálito [Quirynen *et al.* 2009], atingindo um número bastante considerável de pessoas, das mais diversas idades ao redor do mundo.

Juntamente com a saliva, as bactérias e os detritos alimentares formam uma placa de cor amarelada ou esbranquiçada, conhecida como saburra lingual. Para diminuir ou eliminar a halitose (inclusive, para diminuir a incidência de doenças causadas pela proliferação de bactérias, mesmo em indivíduos que não apresentam mau hálito) devemos remover a saburra lingual, higienizando a língua corretamente. Assim, a limpeza da língua deve ser realizada basicamente em duas etapas: (1) remoção da saburra lingual utilizando pasta dental; e (2) eliminação da saburra da cavidade oral, com o enxagüante bucal.

Paralelamente a este problema na área da saúde, os jogos digitais têm influenciado uma variada e crescente comunidade de usuários, das mais diferentes faixas etárias, tornando-se parte integrante da vida diária da maioria das pessoas [Kurkovsky 2009, Bell *et al.* 2006]. Portanto, sendo uma rica fonte de exploração no que tange o desenvolvimento de jogos sérios, capazes de gerar experiências engajantes, educadoras e divertidas. Atualmente, há uma grande variedade de jogos sérios para diferentes plataformas, por exemplo, computadores, *tablets*, *smartphones*, consoles, etc. Para atender às principais expectativas dos usuários, estes devem satisfazer uma série de requisitos não funcionais: portabilidade, originalidade, jogabilidade, nível de realismo gráfico, interatividade, entre outros.

Neste trabalho, apresentamos um *serious game* multiplataforma original, *Combatendo a Halitose*, voltado para as plataformas *desktop*, *iPad* e *iPhone* e concebido para a promoção da saúde oral. Descrevemos todas as atividades realizadas em cada fase do seu processo de desenvolvimento [McConnell 1996, Menard 2011, Bates 2004] e as principais estratégias e soluções implementadas, desde a sua concepção, *arte & design*, sonorização, *gameplay*, até a programação do jogo. Adicionalmente, detalhamos as principais limitações identificadas nas ferramentas gráficas usadas, dentre elas, o motor gráfico *Unity* [Creighton 2010, Blackman 2011], informações estas particularmente interessantes e úteis para a comunidade de desenvolvedores de jogos digitais. Além disso, realizamos testes iniciais com usuários, mostrando que o jogo é capaz de propiciar experiências que simultaneamente cativam, educam e entretêm.

2. Trabalhos Existentes

Avaliamos um número significativo de jogos em saúde bucal e realizamos um estudo comparativo detalhado, como forma de melhor contextualizar nosso trabalho perante os seus pares.

Vários trabalhos desenvolvidos em *serious games* relacionados à saúde bucal [Pickrell 2010, Sploder! 2011, The SmileStones 2006], vêm mostrando benefícios importantes para a promoção da saúde, principalmente, no incentivo à realização de atividades diárias de higiene oral que, aparentemente, parecem repetitivas e pouco motivadoras.

A maioria dos jogos existentes apresenta um sistema de simulação de tratamento dentário padrão, baseado no manuseio de instrumentos usados por dentistas para tratamento odontológico. Basicamente, esses jogos focam no tratamento de algum problema específico: cárie, obturação, mau hálito e má escovação [XXMGame 2013, Glenn Martin 2013, Breaktime Studios 2013, Gameimax 2014, Bear Hug Media Inc 2014.a]. Esses jogos são bastante similares, diferindo entre si, basicamente, variando-se o tipo de paciente a ser tratado (por exemplo, animais, pessoas comuns, celebridades, animais e até monstros) e o conjunto de instrumentos odontológicos (broca, alicate, probe, escova, seringa de anestesia, jato d'água, etc.).

O nível de dificuldade destes jogos baseia-se na quantidade e tipos de problemas bucais a serem resolvidos. Por exemplo, o *Dental Adventure* [Glenn Martin 2013] apresenta níveis de dificuldade customizados, associados a diferentes incidências de dores manifestadas pelos pacientes. Há também alguns jogos, por exemplo, o *Monster Mouth DDS* [Breaktime Studios 2013], que exibem um temporizador em cada fase, como forma de controle da atuação do jogador. Caso não conclua o tratamento em um tempo limite, a fase é encerrada, ou seja, perde-se o jogo. Identificamos nesses jogos que o nível de

interatividade não é alto, além de serem bastante similares entre si. Baseiam-se na escolha correta dos instrumentos a serem usados e em movimentos de arraste desses instrumentos, até os dentes que necessitam de tratamento. Alguns deles, mais voltados para a área de *serious games*, preocupam-se com o aprendizado do usuário [Detention Apps 2013], outros são voltados mais para o entretenimento em si. Talvez por isso, a maioria é simples, divertida e direcionada ao público infantil. Outros exemplos são *Dentist Office Kids* [Bean Sprites LLC 2013], *Monster Mania! Rescue Kids Dentist* [Bear Hug Media Inc 2014.b], *The Mouth of Madness* [De Jardvark Studios 2013], embora este último siga uma linha mais adulta.

Há jogos que mantêm o foco da câmera sintética no personagem (devido à sua popularidade) e não no tratamento dentário em si. Outros, restringem o campo de visão da câmera à área na qual encontra-se a boca do paciente modelado. Esses últimos, oferecem melhores níveis de jogabilidade e usabilidade, além de uma melhor compreensão do problema, visto que os primeiros acabam por mostrar a boca do paciente em tamanho bastante reduzido, dificultando a visibilidade, o aprendizado e o tratamento dos problemas orais.

Os jogos estudados, em sua maioria, foram desenvolvidos para *iOS* e *Android*, com exceção de [Glenn Martin 2013], desenvolvido em *Flash*. São gratuitos, excetuando-se os jogos *Dentist Office Kids* e *Monster Mouth*, cujos preços são acessíveis nas plataformas *iOS* e gratuitos na *Android*. Alguns têm conteúdo adicional pago, como o *Celebrity Dentist* [Bear Hug Media Inc 2014.a], o qual contempla um número maior de pacientes (no caso, celebridades).

Também verificamos a popularidade dos jogos, de acordo com o número de *downloads* individuais. Assim, o jogo gratuito *Virtual Dentist* apresentou a maior popularidade (de 5 a 10 milhões de *downloads*). Esse jogo não oferece níveis de dificuldade, os pacientes são celebridades e a câmera mantém o foco na boca. Disponibiliza somente três instrumentos odontológicos: a broca, o *probe* e o alicate. Vale notar que esse jogo não possui a opção de escovação, limitando-se ao tratamento da cárie e obturação.

Poucos deles têm conexão com redes sociais, seja para o compartilhamento de fotos [Breaktime Studios 2013], ou para a divulgação do *ranking online* dos jogadores [Bear Hug Media Inc 2014.a, Bear Hug Media Inc 2014.b]. Por outro lado, esses jogos não oferecem a possibilidade do uso da broca, nem uma arte e *design* diferenciados, quando comparados aos demais. Adicionalmente, o *probe*, a escova e o jato de água não são usados quase que pela totalidade desses jogos, já o alicate e a seringa são mais populares.

Dentre os jogos existentes em saúde bucal que avaliamos, somente um [Gameimax 2014] apresenta uma forma bastante simplificada de tratamento da língua (alguns poucos efeitos especiais são ativados na

representação visual estática e 2D da língua). Os demais, tratam somente da saúde dos dentes. Isto talvez seja motivado pela própria natureza da língua, um músculo altamente deformável e flexível, com comportamento complexo de ser modelado, controlado e animado, além de consumir um número bem maior de recursos computacionais. Mais ainda, nenhum deles utiliza modelos evolutivos ou de crescimento populacional para a representação do crescimento bacteriano devido à má escovação da boca.

3. Processo de Desenvolvimento

O processo de desenvolvimento do *Combatendo a Halitose* apresenta duas etapas básicas: pré-produção e produção propriamente dita [Bates 2004]. Em termos genéricos, a pré-produção foca na elaboração da arte, *design* e regras do jogo; e a de produção, no *design* do *gameplay*, da trama, da ambientação, dos personagens e cenário. Subdividimos essas duas etapas em quatro fases mais específicas, a saber: Análise, Projeto, Desenvolvimento e Testes.

A fase de Análise engloba o conceito inicial do jogo, esboços iniciais do *storyboard* e do *gameplay*, etc. Já a de Projeto e Desenvolvimento retratam o leiaute do jogo, os detalhes completos do *storyboard* e do *gameplay*, os gráficos/animações e a programação. A fase de Testes inclui os testes funcionais e do próprio jogo. Essas fases se relacionam entre si e o nível de detalhamento individual de cada uma delas depende da complexidade, enredo, elementos e objetivos do jogo. O relacionamento geral entre essas quatro fases, no processo de desenvolvimento do *Combatendo a Halitose*, é mostrado na Figura 1.

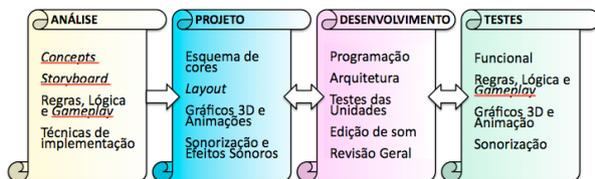


Figura 1: Fases de desenvolvimento do jogo.

3.1 Fase de Análise

O objetivo da fase de Análise é produzir uma descrição completa do domínio do jogo e dos problemas a serem resolvidos durante a sua evolução [Lichtl e Wurzer 2001], seguindo a sua concepção. Mais detalhadamente, no documento de concepção são especificados: o nível de jogabilidade do jogo, a forma de interação com o usuário, os personagens e o ambiente (bem como suas características principais), o enredo, o gênero, a história, o estilo, os mecanismos de pontuação, o fluxo de menus, os planos de localização da câmera e dos personagens, as ferramentas e tecnologias a serem utilizadas, etc.

3.1.1 Concepção do Jogo

Nossa concepção do jogo *Combatendo a Halitose* é original e inspirada na relevância da saúde bucal como

reflexo da saúde primária do indivíduo. Em uma boca no estilo arena, o objetivo é combater os monstros da halitose existentes na língua, aumentando o nível da saúde bucal, controlando um robô munido de pasta dental e enxaguante bucal (Figura 2). Por ser um jogo sério, oferece ainda ao usuário a possibilidade de aprender a higienizar a língua por intermédio de uma partida jogada em poucos minutos, motivando o entretenimento em diferentes momentos do dia.



Figura 2: Cenário geral do jogo e dos personagens principais (robô e monstros da halitose).

Dada a popularidade dos dispositivos móveis, outra questão importante na concepção do nosso jogo foi a portabilidade [Cheah and NG 2005, Jie *et al.* 2011, Menard 2011]. Neste contexto, o motor *Unity* [Creighton 2010, Blackman 2011] foi uma das ferramentas escolhidas por ser de simples aprendizado, agilizar o ciclo de desenvolvimento (oferecendo uma integração de qualidade com o *Maya* [Autodesk 2013]) e por sua popularidade expressiva na comunidade de desenvolvedores de jogos [Rogers 2012, Blackman 2011]. Adicionalmente, disponibiliza uma boa documentação (guias de usuário, manuais de referência, tutoriais e vídeos). Para garantir que o nosso *serious game* alcançasse um número considerável de usuários, focamos também o seu desenvolvimento para a plataforma *iOS*. Assim, a interação do usuário com o jogo se concretiza via *mouse* na plataforma *desktop* e via telas sensíveis ao toque nas plataformas *iPad* e *iPhone*.

3.1.2 Arte & Design: Personagens e Ambiente

Antes de modelar e animar os personagens do *Combatendo a Halitose*, concebemos a sua arte e *design*. O *design* determina informações sobre os personagens e como eles interagem entre si e com o ambiente do jogo [Maestri 1999]. As principais decisões nesta fase foram as proporções anatômicas dos personagens em relação ao ambiente, as cores, os tipos de efeitos especiais, as animações, etc. Outro ponto importante foi o processo de decisão de quão realistas ou estilizados seriam os personagens, influenciando diretamente na forma e no estilo de suas ações em cena, bem como em suas personalidades individuais. Um personagem cujo *design* tem qualidade diferenciada é muito mais simples de ser modelado em 3D e muito mais criativo de ser animado.

3.1.2.1 Proporções da Cabeça e do Corpo

Personagens mais infantis e com aparência de *cartoon* tendem a ter cabeças maiores, em relação ao tamanho

do corpo, o que os torna mais graciosos visualmente. Assim, usamos essas informações como guias de referência e geramos os *model sheets* do robô e do monstro da halitose (Figura 3).

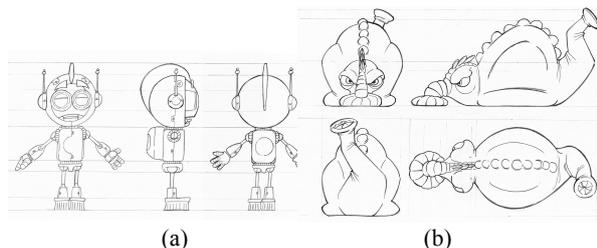


Figura 3: Em (a) e (b), os *model sheets* do robô e do monstro da halitose, respectivamente.

3.1.2.2 Olhos

O tamanho dos olhos em relação à face dos personagens é outro fator que julgamos impactante no efeito visual que temos sobre eles. Olhos muito grandes e arredondados, como os do robô (Figura 3.a) parecem muito mais inocentes e angelicais do que olhos menores ou menos arredondados (como os dos monstros). Mais ainda, olhos posicionados mais distantes do topo da cabeça tendem a retratar personagens mais idosos, e em pontos mais altos da cabeça, geram um aspecto mais jovial ao personagem. No *Combatendo a Halitose*, para os monstros optamos pelo *design* de olhos grandes, baixos e com sombrancelhas pesadas, com o objetivo de gerar um efeito de vilões experientes e maduros (Figura 3.b).

3.1.2.3 Pés e Mãos

Personagens baseados em *cartoons*, geralmente, apresentam pés (ou calçados) e mãos de tamanhos exagerados, quando comparados a outras partes do personagem, por exemplo, os pés de nosso robô são de dimensões bem maiores do que a sua própria perna (Figura 3.a). É importante ressaltar que, por outro lado, o tamanho do pé/calçado/mão irá influenciar no nível de dificuldade em controlar/animar o personagem no ambiente do jogo, especialmente se ele for do tipo articulado, como é o caso de nosso robô.

3.1.2.4 Acessórios

Via de regra, desenvolvedores de jogos procuram gerar acessórios originais para os personagens, atribuindo-lhes uma marca que referenciará o jogo perante a comunidade de usuários. Podemos citar no nosso jogo os pés do robô em formato de escova dental, a pistola de pasta e enxagüante, etc. (Figura 4).

3.1.2.5 Cores

Na concepção do *Combatendo a Halitose*, a experiência visual gerada é também diretamente relacionada à harmonia entre as cores concebidas e usadas na sua arte e *design*. Em termos simplificados, o senso de harmonia entre as cores dos personagens e do ambiente é atingido quando, aos olhos do jogador,

esses elementos parecem respeitar uma certa ordem, gerando um balanceamento dinâmico e agradável na experiência visual de quem os observa. Quando a escolha das cores não é harmoniosa, o jogador não consegue estabelecer um vínculo perfeito com o jogo, culminando na sua rejeição [Albers 2013].

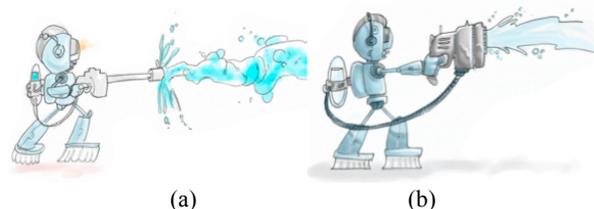


Figura 4: Em (a) e (b), pistola de pasta dental e de enxagüante bucal do robô, respectivamente.

Portanto, um dos requisitos que também levamos em consideração foi a geração de um conjunto de cores e tons harmônicos entre si, capazes de manter o interesse visual e o senso de ordem durante o jogo: o robô é colorido em tons de azul e branco, as pistolas em cinza, os restos alimentares em tons acastanhados, os gases emitidos pelos monstros da halitose em verde, os monstros em tons pastéis de laranja quando vivos e, em branco, quando mortos. Todas essas cores são contrastantes com as usadas para colorir a boca (Figura 2), ambiente onde se encontram os personagens.

3.1.3 Crescimento Populacional dos Monstros

Inspirados no fato de que diversos alimentos são meios para o desenvolvimento de microrganismos e que, sob condições favoráveis, o crescimento destes produzirá alterações no sabor, odor e aspecto dos alimentos, usamos o modelo de crescimento populacional bacteriano [Baranyi 2010] para controlar o mecanismo da reprodução dos monstros da halitose. A reprodução mais comum nas bactérias é a assexuada por bipartição, através da qual este indivíduos multiplicam-se muito rapidamente [Ringo 2004]. Em particular, muitas espécies bacterianas apresentam um tempo de geração médio t de 20 minutos (calibrado para 8s no jogo, por questões de jogabilidade). Desta forma, usamos essa mesma regra de reprodução para os monstros da halitose, já que sobrevivem às custas das bactérias que proliferam nos restos alimentares que não foram limpos e removidos corretamente da boca.

Mais detalhadamente, as fases do modelo de crescimento populacional [Ringo 2004] são: *lag*, *exponencial*, *estacionária* e de *declínio*. Na fase *lag*, os monstros estão se adaptando ao ambiente da língua, repleto de restos alimentares. Estes indivíduos ainda não estão maduros para se reproduzir/dividir. Já na fase *exponencial*, estão adaptados ao meio e dirigem todo o metabolismo para a reprodução e produção de gases do mau hálito, dobrando de tamanho a cada t segundos, até atingir um número máximo de indivíduos. Na fase *estacionária*, os restos de comida (nutrientes dos monstros) já começam a escassear, devido à intervenção das ações de limpeza, realizadas pelo robô.

Nessa fase, a taxa de reprodução dos monstros é equivalente à taxa de mortes. Finalmente, na fase de *declínio*, o número de mortes supera o de geração de novos monstros, até o seu completo extermínio, causado pelas condições inóspitas de sobrevivência (nível alto de saúde oral do paciente). Assim, no jogo, vários fatores interferem no crescimento populacional dos monstros: o nível de limpeza da boca e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes; o número de indivíduos em relação ao espaço disponível; a eficiência do robô em exterminá-los; entre outros.

Com o jogo definido, escrevemos o documento de sua concepção, usado para descrever as suas funcionalidades: fases, elementos gráficos, motores, lógica interna, mecanismos de controle, etc. Criamos ainda um menu *in game* para ser disponibilizado ao jogador, similar a uma *checklist*, apresentando o problema da halitose e como combatê-la.

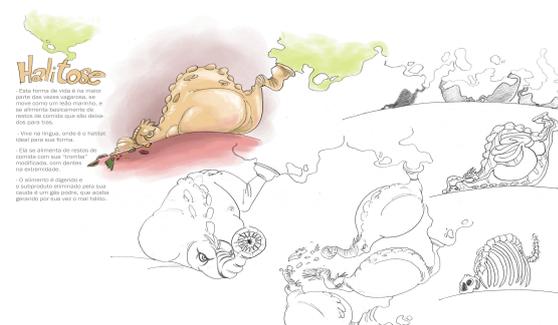


Figura 5: Apresentação da halitose e como combatê-la.

3.2 Fases de Projeto e Desenvolvimento

Nas fases de projeto e desenvolvimento são decididos os detalhes completos do esquema de cores do jogo já em meio digital, a sonorização (trilha sonora principal e efeitos especiais), o *storyboard*, o *gameplay*, os gráficos 3D, as animações e a programação.

3.2.1 Sonorização

A trilha sonora (tema principal) do jogo é minimalista, sugerindo uma atmosfera dramática durante o jogo. Efeitos sonoros como ruídos, ecos, timbres, arranjos, sons incidentais, etc., também foram concebidos exclusivamente para o *Combatendo a Halitose* e compõem, junto à trilha principal, os elementos de sonorização. O minimalismo musical se caracteriza por um pulso constante e repetitivo, com o qual pequenos motivos musicais são gradativamente adicionados, modificados ou suprimidos, parecendo cíclicos [Baptista 2007].

Usamos a sonorização para apresentar gênero, estilo e ambientação do jogo, criando uma atmosfera convincente das ações entre o robô e os monstros da halitose no cenário da boca, bem como do mundo

interior dos personagens e eventuais sons que estes possam emitir. Efeitos de suspense e de emoções são transmitidos, de forma contínua, também pela sonorização. Assim, a trilha sonora gerada dialoga com a animação visual do jogo, integrando a narrativa.

3.2.2 Storyboard

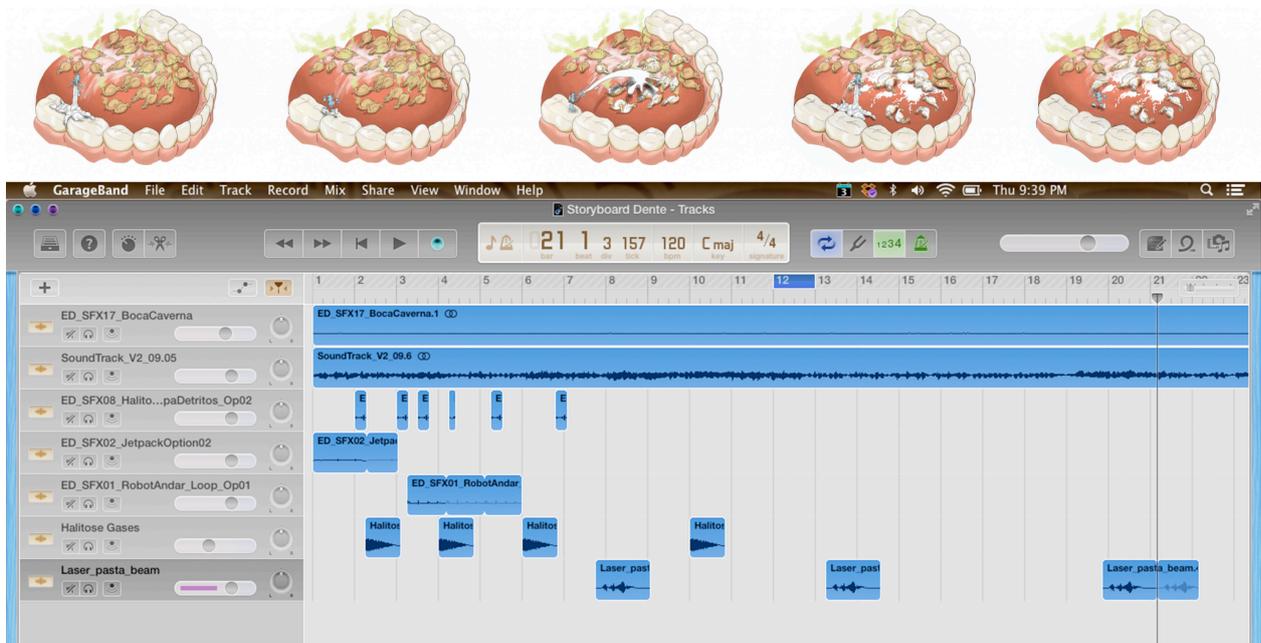
O *storyboard* é o planejamento básico do jogo, no caso, uma série de desenhos que definem a seqüência das cenas, as quais são usadas para descrever o fluxo básico das ações. As Figuras 6.a e 6.b ilustram trechos de dois *storyboards*, nos quais o robô está em ação contra os monstros da halitose: um com a pistola de pasta dental; e o outro, com a pistola de enxaguante bucal. Ambos *storyboards* estão associados à trilha sonora principal e aos seus respectivos efeitos sonoros.

No primeiro *storyboard* (Figura 6.a), o robô está em ação com sua pistola de pasta dental contra os monstros, posicionados nas manchas esbranquiçadas da língua (áreas de saburra lingual). No segundo (Figura 6.b), o robô está removendo a saburra lingual, limpando a língua. Para tal, esguicha enxaguante em um número massivo de monstros, já mortos e tombados na língua (com os olhos fechados, texturizados com uma imagem no formato de cruz). Observam-se alguns monstros mortos "voando" pela boca, ao serem atingidos pelo jato do enxaguante.

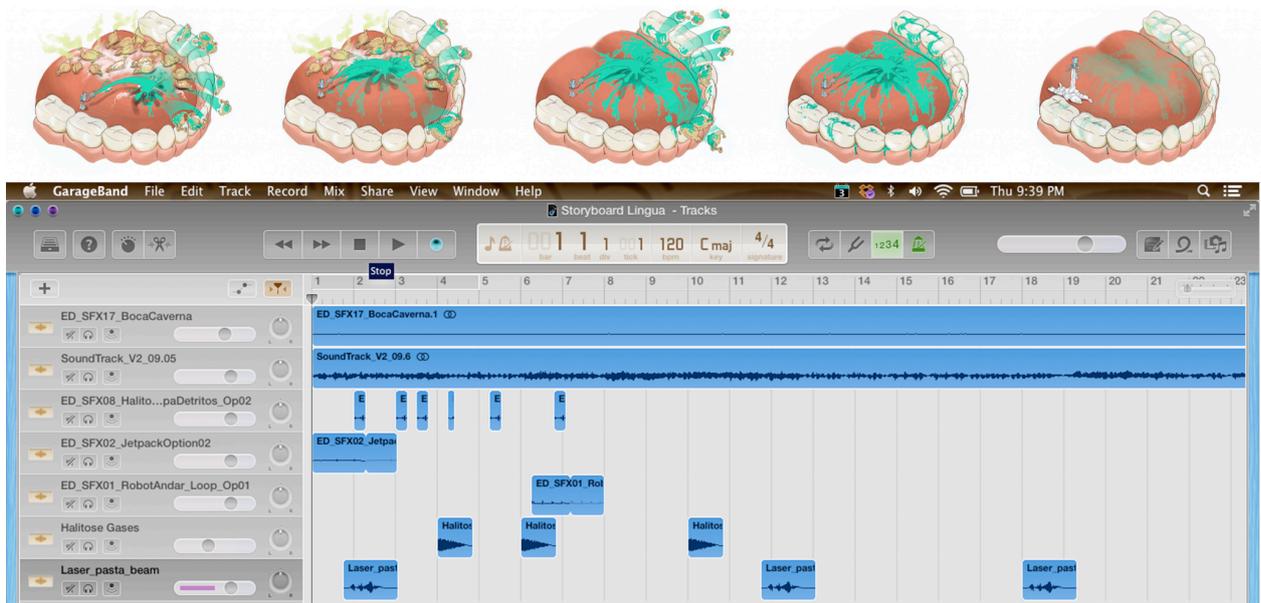
3.2.3 Gameplay

Conforme descrito anteriormente, o cenário do jogo é a boca do paciente, com ponto de vista da câmera fechado na língua. Esta contém placas esbranquiçadas, representando a saburra lingual. Modelada como uma superfície, a língua contém inicialmente um número limitado de monstros da halitose (fase *lag*), posicionados aleatoriamente sobre a saburra e emitindo gases do mau hálito. A fase *lag* é representada por uma animação, na qual o robô está vigiando a arcada dentária. Após alguns segundos, pula para a superfície instável da língua. A partir daí, começa o combate aos monstros. O contato com os gases tóxicos emitidos pelos monstros poderá causar danos na *life* do robô.

Na fase exponencial, o robô primeiramente lança pasta dental naqueles que estão na mira de sua pistola. Os atingidos pela pasta dental tombam para o lado, cessam de emitir gases do mau hálito, têm a sua cor alterada para branco, ficando parados sobre a língua (mortos), com os olhos fechados. A duração desta fase depende das condições de limpeza da língua. As áreas esbranquiçadas vão se propagando, à medida que os monstros se reproduzem. O inverso ocorre, à medida que são atingidos pela pasta dental da arma do robô e retiradas da boca pelo enxaguante. Além disso, o robô perde *life* quando o nível de gás tóxico do mau hálito estiver alto.



(a)



(b)

Figura 6: Trechos do *storyboard*, trilha sonora e efeitos de som do *Combatendo a Halitose*. Em (a), o robô disparando pasta dental contra os monstros da halitose e, em (b), depois que estas estiverem mortas, disparando enxaguante bucal.

Há ícones na tela do jogo que funcionam como guias de referência sobre o seu *status*, auxiliando o jogador na tomada de decisão sobre a gerência de recursos, a saber: nível de mau hálito da boca (diretamente proporcional ao número de monstros vivos e placas na língua), o qual diminui com o bombardeio de pasta e enxaguante; nível de *life* do robô (ou saúde bucal), o qual diminui em contato com gases tóxicos e erros no bombardeio de pasta e enxaguante (para cada colisão do robô com um gás, 2 níveis de saúde são deduzidos de sua *life*); tempo de jogo; e tipo de pistola usada (de pasta ou enxaguante). A quantidade de monstros e saburra também é mostrada na interface do jogo. O nível de saúde *s* (*life* do robô) para *mhv* monstros da halitoses vivos, *mhm*

mortos e *ns* saburras é calculado pela Eq. 1 como um valor normalizado no intervalo [0,100], onde 0 significa sem saúde e 100, completamente saudável:

$$s = 100 - (mhv + 0.5 * mhm + ns) / 2.24 \quad (\text{Eq. 1})$$

Na fase estacionária, a taxa de crescimento diminui significativamente, devido às condições limitantes do meio, ou seja, o jogador consegue que o robô mantenha a língua em um nível constante de limpeza, porém, ainda não ótimo. A duração desta fase depende do balanço entre a taxa de reprodução dos monstros da halitose e o número de indivíduos mortos ou incapacitados de reprodução, devido às condições bucais progressivamente desfavoráveis para eles.

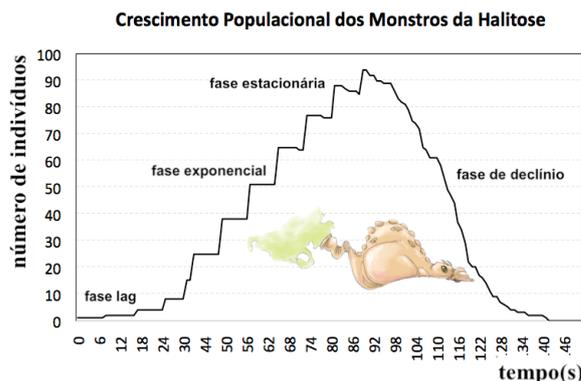
Em qualquer momento, algum fator pode ser desfavorável à reprodução dos monstros: a fonte de energia (restos de comida) torna-se escassa, o espaço fica limitado (há um número grande de monstros, cobrindo toda a superfície da língua), etc. Ou seja, a taxa de morte torna-se maior do que a de reprodução. Estas situações, isoladamente ou combinadas, inibem o crescimento populacional, provocando um declínio exponencial no número de indivíduos, até a sua extinção (fase de declínio). A duração desta fase é variável e depende das condições de higiene da boca. O modelo de crescimento populacional que definimos (Figura 7), tem 1 monstro (com área de base/lateral de $0,4u.a.^2$) como população inicial na língua (cuja área total é de $77u.a.^2$) e tempo para duplicar de 8s, atingindo o máximo de 94 indivíduos em 90s.

Assim, usando pasta e enxaguante, a limpeza da língua deve ser realizada pelo robô em duas etapas: (1) remoção da saburra lingual e extermínio dos monstros da halitose; e (2) eliminação da saburra lingual e dos monstros da halitose (já mortos) da cavidade oral. A primeira etapa é assim realizada: o robô pode usar a pistola de pasta dental de qualquer ponto da língua. O usuário poderá movimentar o robô ao longo do eixo $x-z$, sempre com o *look at* nos monstros, ou na língua, se estiverem na fase *lag* de crescimento populacional. O jogador deverá escolher o tipo de arma que irá usar. Apesar do deslocamento do robô ocorrer sobre a língua em movimento, uma boa estratégia do jogo é parar o robô por um segundo quando for atirar, aumentando a precisão da mira.

O jogador deverá usar a pistola do robô (de pasta dental ou de enxaguante) para acionar o apontador com a mira e eliminar, com maior rapidez e precisão, os monstros. A retícula de mira da pistola irá diminuir, fazendo com que seja mais fácil focar no monstro (visão de *close-up*). O impacto dos tiros de pasta podem causar algum dano no robô (por exemplo, desequilíbrio). Portanto, uma boa estratégia é atirar com cuidado, facilitando a mira e eliminando os monstros, sem desperdiçar pasta dental, nem tão pouco segundos preciosos do jogo, já que a cada 8 segundos, a população de monstros dobra de tamanho. Se a pasta ou o enxaguante acabarem, a arma do robô será recarregada automaticamente, porém, haverá um período no qual o robô ficará vulnerável frente aos gases tóxicos produzidos, sofrendo novos danos que diminuirão a sua *life*. A opção de lançamento de pasta pela pistola é mais difícil de controlar (pois depende da qualidade da mira), contudo, causa muito dano aos monstros (ao serem atingidos, eles morrem imediatamente, soltando um gemido de dor). Já a opção de esguicho de enxaguante é mais fácil de controlar, pois não requer precisão da mira e serve para eliminar, rapidamente, os monstros que se encontram mortos sobre a superfície da língua.

Por outro lado, quanto mais monstros da halitose efetivamente o robô atingir, mais pasta dental ele

ganha, recupera *life* e recebe acessórios como bônus (*skins*, chapéus, pastas e enxaguantes coloridos, etc.).



laterais, comem e tombam para o lado (ao morrer). A arcada dentária e úvula não alteram a forma ao longo do tempo, a primeira mantém-se estática e, a segunda, move-se como um pêndulo, não contendo ossos (base da Figura 9). A deformação da língua é feita usando ossos, formando uma estrutura articulada. Para os vértices movimentarem-se com os ossos de forma mais realista, realizamos o *skinning* (associação dos pesos de influências dos ossos em grupos de vértices).

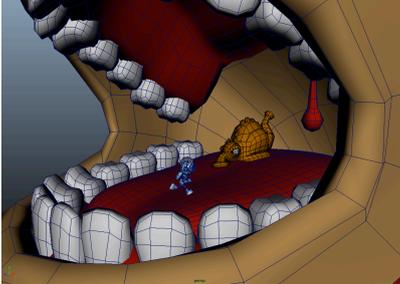


Figura 8: Malha poligonal do cenário: boca, robô e halitose.

Unity oferece o componente *MeshCollider* para a detecção de colisões em malhas geométricas. Este tipo de *collider* é usado em vários objetos (dentes, gengivas, língua, etc.). Contudo, limita-se somente a malhas estáticas. Na maioria dos objetos articulados, usamos *Cube* e *SphereColliders*, esta solução não é adequada para a língua, pois seus movimentos interferem na posição dos objetos. Como solução alternativa, usamos *MeshCollider*, porém, recriamos o *collider* a cada quadro, com a malha 3D da língua já alterada pelo sistema de ossos.

Na maioria dos objetos, não usamos o sistema de física para mantê-los em movimento e sim, a técnica de *raycast*, a qual consiste em testar um segmento de reta (raio) contra um colisor (geometria do cenário). Os únicos objetos que usam o sistema de corpos rígidos para a colisão com a língua são os projéteis da pasta e enxagüante. Nos objetos movidos pelo sistema de física do *Unity*, usamos o modo de colisão contínua, o qual difere do padrão (discreto) por utilizar a posição anterior e atual dos objetos colidentes no cálculo da trajetória dos objetos, reduzindo problemas não perceptíveis pelos métodos discretos, como o atravessamento de objetos dinâmicos na animação. Adicionalmente, para otimizar a detecção de colisão, separamos os objetos do jogo em camadas e os rotulamos de acordo com a qual pertencem. Definimos então quais camadas testam colisão com outras camadas. *Unity* possui 5 camadas pré-definidas. Em particular, criamos mais 11 novas camadas para evitar testes de colisão desnecessários no jogo.

Os monstros da halitose são compostos por um conjunto de componentes: colisores, *empties*, malha 3D e *scripts* específicos. Colisores são envoltórios para detecção e resposta a colisões entre diferentes geometrias; *empties* são elementos invisíveis para guardar posições no cenário (ou no modelo) e *scripts* são algoritmos responsáveis por métodos específicos do comportamento dos elementos do jogo. Cada

monstro possui 3 colisores: *corpo*, *boca* e *olfato*. *Corpo* é um envoltório cúbico para detecção de colisão dos ataques do robô; *boca* é um envoltório esférico para identificar quando a tromba do monstro toca a comida; *olfato* é um envoltório esférico (cujo raio é 9 vezes o tamanho do corpo do monstro) para detectar colisão com a comida e simular o comportamento de farejamento da mesma. O colisor *olfato* mantém uma referência (*alvo*) para a comida mais próxima do monstro. Quando uma comida é ingerida, este objeto é removido da cena. A comida é a fonte de gases do mau hálito, surgindo aleatoriamente sobre a superfície da saburra lingual. Cada saburra gera até 4 comidas, depois disso, pára a produção. Cada comida só pode ser ingerida por um monstro e possui um tempo máximo aleatório para deteriorar. Ao atingi-lo, é removida da cena. Os gases são gerados a partir de um *empty* na cauda dos monstros. Sempre que terminam de ingerir a comida, o *script* responsável pela cauda lança o gás na posição do *empty*.

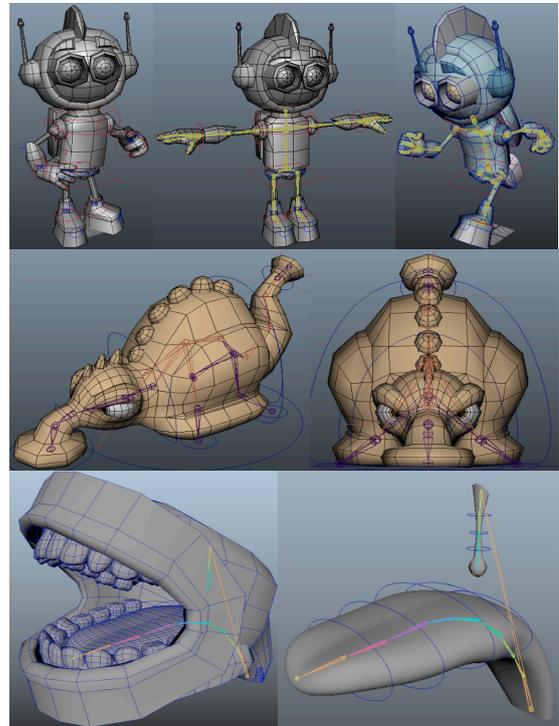


Figura 9: Modelagem geométrica e esqueletos (*rigging*) dos personagens: robô, monstro da halitose, língua e úvula.

Os monstros funcionam de acordo com uma máquina de estados, baseada nos seguintes estados: *vagando*, *em direção ao alimento* e *alimentando-se*. *Vagando* é o estado padrão, no qual o monstro em movimento não possui nenhum alvo específico, seguindo em direção até o *olfato* identificar alguma comida ou chegar nos limites do cenário (caso isso ocorra, o monstro rotacionará em torno do eixo *y*, para a direção oposta, evitando sair da superfície da língua). Se o *olfato* identificar comida, o monstro passa para o estado *em direção ao alimento*. A cada passo, a referência para a comida é verificada, calculando-se a rotação do monstro em direção reta ao alimento. Caso a referência para a comida fique nula durante esse

estado, algum outro monstro alimentou-se desta comida ou ela deteriorou-se, nesse caso, o monstro volta ao estado *vagando*. Se alcançar a comida, significa que o colisor *boca* entrou em contato com a comida alvo, passando para o estado *alimentando-se*, no qual o monstro fica parado por um tempo (diferente para cada monstro), até digerir o alimento. Quando o tempo termina, o monstro da halitose emite o gás pela sua cauda e volta ao estado inicial, *vagando*. Cada monstro possui ainda uma variável que controla o nível de sua fome, o qual aumenta, à medida que o tempo passa. Ao atingir um limiar, o monstro morre de inanição. Em vida, os monstros sofrem danos apenas da pasta dental. Ao serem constantemente atingidos pela pasta, a cor original vai esmaecendo, até chegar no branco opaco, símbolo de suas mortes. Caso parem de ser atingidos, recuperam gradativamente a cor original. Após a morte, podem então ser eliminados da boca pelo tiro de enxaguante, modificando suas cores para branco translúcido, até desaparecem da cena.

3.2.7 Efeitos Especiais

Para gerar um maior realismo, acrescentamos efeitos especiais que simulam gases do mau hálito expelidos pelos monstros da halitose, saburra lingual (projetando texturas na língua) e rastros de lançamento de pasta (em linha reta) e enxaguante (em formato cônico), via *scripts* que controlam o sistema de partículas do *Unity*.

4. Testes: Funcionais e Com Usuários

Durante os testes funcionais do jogo, observamos um uso crescente de memória. Isolando os objetos do cenário, identificamos a origem desse problema. O *Unity*, por padrão, não tem suporte para que um *collider*, com o mesmo formato da malha do objeto, se deforme junto com um objeto articulado e animado. Por isso, recriamos o *Mesh Collider* da língua a cada quadro, para que os personagens pudessem andar sobre a sua superfície dinâmica através de um *ray cast*. Isso gerou uma falha no *Mesh Collider* do *Unity*, que aparenta não apagar suas versões anteriores, resultando em um acúmulo de malhas geométricas na memória.

Na plataforma PC, em computadores com placa de vídeo e 4GB de RAM, o FPS do jogo variou de acordo com a quantidade de elementos na cena. No melhor caso, com poucos monstros na língua, a taxa média foi de 53FPS e, no pior, com o número máximo de monstros, a taxa média foi de 18FPS. Já nos dispositivos móveis testados (*iPhone 5* e *iPad* com 1GB de RAM e processador Apple A7 com 64-bits), as taxas de FPS caem consideravelmente para 20 e 5, no melhor e pior caso, respectivamente. A variação de FPS entre as plataformas é motivada pela diferença de *hardware* e capacidade de processamento.

Testes iniciais com 5 usuários foram realizados na plataforma PC e mostraram que as atividades dos jogadores, ao tentarem derrotar os monstros para aumentar o nível de saúde bucal, foi engajante, intensa

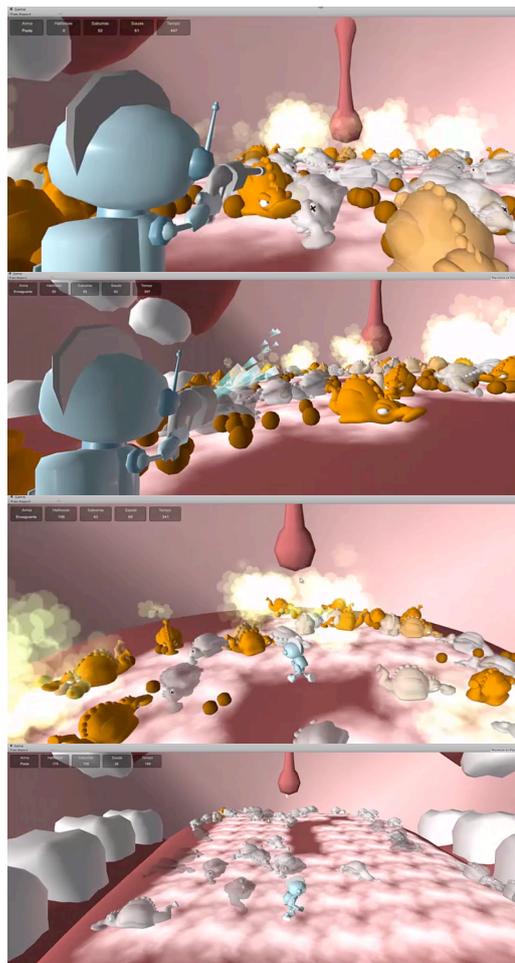


Figura 10: Screenshots do jogo.

e contínua. O nível de jogabilidade se manteve similar entre os jogadores, mesmo em diferentes faixas etárias, entre 12 e 48 anos. Além disso, os jogadores se divertiram bastante enquanto aprendiam sobre a importância de limpeza da língua, especialmente quando se deparavam com situações que exigiam uma tomada de decisão imediata para conseguir mais pasta dental ou enxaguante, ou para evitar o crescimento exacerbado de monstros da halitose, ou mesmo para controlar o robô no terreno instável da língua.

Similarmente a outros jogos populares usando disparos repetitivos contra alvos, seguido pelo colapso dos inimigos (por exemplo, *Angry Birds*), *Combatendo a Halitose* mostrou-se como um *serious game* viciante, com o diferencial de apresentar um nível de dificuldade calibrado por testes funcionais realizados para o controle do jogo, no terreno instável da língua. Apesar de haver um padrão de comportamento dos monstros, os jogadores não descobriram com facilidade a sua variação no decorrer do jogo. Percebemos que a pasta dental é eficaz em derrotar, de forma individual, os monstros vivos e, o enxaguante, em exterminar grupos de monstros já mortos. A qualidade da mira de pasta ou enxaguante depende da precisão com a qual o jogador controla a pistola do robô. Observamos que essa habilidade é desenvolvida, à medida que o jogador dedica mais tempo ao jogo.

5. Discussão e Trabalhos Futuros

A percepção geral, relativa ao *Combatendo a Halitose*, é que a mecânica do jogo funcionou de forma eficiente, mesmo apesar do seu alto dinamismo, já que praticamente todos os elementos do cenário (língua, monstros, úvula e robô) estão em constante movimento e em colisão com alguma geometria da cena, além da presença de variados efeitos especiais. A forma alternativa de usar a câmera ora em 3a. pessoa (na movimentação do robô), ora em 1a. (no uso das pistolas), possibilitou uma maior liberdade ao jogo. A estratégia de contenção do crescimento populacional dos monstros é desafiadora, estimulando o jogador a treinar algumas vezes, antes de dominar o jogo. Ao ver os monstros invadindo o espaço da boca, o jogador implicitamente já consegue perceber a necessidade de exterminá-los e limpar a língua, antes que o mau hálito evolua. Desta forma, conscientizando-o sobre a importância da higiene bucal para a saúde, através de experiências que ao mesmo tempo cativam, educam e entretêm. A qualidade e originalidade gráfica também é outro diferencial do jogo, com detalhes legíveis, mesmo nas telas dos pequenos dispositivos móveis.

Como trabalhos futuros, planejamos avaliar quais aspectos da implementação poderíamos otimizar para melhorar o FPS do jogo nos dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*) e os problemas de memória gerados pela recriação do *Mesh Collider* do *Unity* para animação da língua. Finalmente, o próximo passo seria a condução de testes sistemáticos com usuários.

Agradecimentos

Este projeto contou com o apoio financeiro do Edital 06/2013 FUNCAP/FINEP.

Referências

- ADOBE. 2014. Photoshop CS 5. <<http://www.adobe.com/br/products/photoshop.html>>.
- ALBERS, J. 2013. The Interaction of Color (iPad App). Yale University Press (original version, 1963).
- AUTODESK. 2013. Autodesk Maya. <<http://usa.autodesk.com/maya>>. Acesso 25/04/2014.
- BAPTISTA, A. 2007. Funções da Música no Cinema - Contribuições para a Elaboração de Estratégias Composicionais. Dissertação de Mestrado. UFMG.
- BARANYI, J. 2010. Modelling and parameter estimation of bacterial growth with distributed lag time. PhD Thesis. University of Szeged, Hungary.
- BATES, B. 2004. Game Design, Second Edition. Thomson Course Technology.
- BEAN SPRITES LLC. 2013. Dentist Office Kids. <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bean.sprites.dentistoffice>>. Acesso 19/06/2014.
- BEAR HUG MEDIA INC. 2014.a. Celebrity Dentist. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bearhugmedia.android_celebritydentist>. Acesso 19/06/2014.
- BEAR HUG MEDIA INC. 2014.b. Rescue Kids Dentist. <<https://itunes.apple.com/nz/app/monster-rescue!-kids-dentist/id678777956?mt=8>>. Acesso 19/06/2014.
- BELL, M., CHALMERS, M., BARKHUUS, L., HALL, M., SHERWOOD, S., TENNENT, P., BROWN, B., *et al.* 2006. Interweaving mobile games with everyday life. In Proc. of the 2006 CHI. ACM, New York, 417–426.
- BLACKMAN, S. 2011. Beginning 3D game development with *Unity*: all-in-one, multi-platform game development.
- BREAKTIME STUDIOS. 2013. Monster Mouth DDS. <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.breake.timestudios>>. MonsterMouth. Acesso 19/06/2014.
- CHALLACOMBE, S., *et al.* 2011. On behalf of international and American associations for dental research, Global oral health inequalities: oral infections - challenges and approaches, *Adv. Dent. Res.*, v. 23(2), pp. 227-236.
- CHEAH, T.C.S. and NG, K-W. 2005. A practical implementation of a 3-D game engine. In Proc. of the 2005 Computer Graphics, Imaging and Vision: New Trends (CGIV). IEEE. Washington, DC, pp. 351-358.
- CREIGHTON, R. H. 2010. *Unity* 3D game development by example beginner's guide. Packt Publishing.
- CUBASE 2014. <<http://www.steinberg.net/en/products/cubase/start.html>>. Acesso 22/07/2014.
- DE JARDVARK STUDIOS. 2013. The Mouth of Madness. <<https://itunes.apple.com/br/app/the-mouth-of-madness/id667155675?mt=8>>. Acesso 19/06/2014.
- DETENTION APPS. 2013. Pet Dentist Office Free. <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.detectiongames.petsdentistofficefree>>. Acesso 19/06/2014.
- GAMEIMAX. 2014. Monster Tongue Doctor. <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gameimax.monstertonguedoctor>>. Acesso 19/06/2014.
- GLENN MARTIN. 2013. Dental Adventure. <http://www.shockwave.com/gamelanding/glennmartin.jp>
- JIE, J., YANG, K., HAIHUI, S. 2011. Research on the 3D game scene optimization of mobile phone based on the *Unity* 3D engine. In Proc. of the 2011 Intern. Conf. on Comp. and Inform. Sciences. IEEE, Washington, pp. 875-877.
- KURKOVSKY, S. 2009. Engaging students through mobile game development. In Proc. of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, pp. 44–48.
- LICHTL, B. AND WURZER, G. 2001. Software engineering in games. Institute of Computers Graphics. Technical University Vienna. Seminar lecture handout, pp. 1-23.
- MAESTRI, G. 1999. Digital Character Animation. New Riders Publishing, USA.
- MCCONNELL, S. 1996. Rapid development: taming wild software schedules. Microsoft Press.
- MENARD, M. 2011. Game development with *Unity*. Course Technology PTR.
- PICKRELL, J. 2010. Attack of the S. Mutans! Developing a 3D Multi-Player Serious Game for Improving Oral Health. UW. <attackofthemutans.com/background.html>.
- QUIRYNEN *et al.* Characteristics of 2000 patients who visited a halitosis clinic. *J. Clin. Periodontol.*, 2009.
- RINGO, J. 2004. Fundamental Genetics, Cambridge University Press.
- ROGERS, M. 2012. Bringing *Unity* to the classroom. *Journ. of Computing Sciences in Colleges*, 27 (5), 171-177.
- SPLODER! 2011. Brush Your Teeth Game. <<http://www.sploder.com/games/members/fk/play/brush-your-teeth/>>. Acesso 19/06/2014.
- THE SMILESTONES. 2006. Teeth Cleaning Game. <www.thesmilestones.com/game.htm>.
- XMMGame. 2013. Virtual Dentist. <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lbob.os.dentistnew>>. Acesso 19/06/2014.