

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA

JOHN THEO DE SOUZA
RENAN VICTOR EMILIO COIMBRA

MUSIKAIS
IDENTIDADE SONORA DINÂMICA REDES DE
TRANSPORTE PÚBLICO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA - PR
2014

JOHN THEO DE SOUZA
RENAN VICTOR EMILIO COIMBRA

MUSIKAIS
IDENTIDADE SONORA DINÂMICA REDES DE
TRANSPORTE PÚBLICO

Dissertação apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso Superior de Engenharia de Computação, dos Departamentos Acadêmicos de Informática e Eletrônica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof.

CURITIBA – PR
2014

“The culture we have does not make people feel good about themselves. We’re teaching the wrong things. And you have to be strong enough to say if the culture doesn’t work, don’t buy it. Create your own. Most people can’t do it.”

Mitch Albom, “*Tuesdays With Morrie*”

Dedicamos esta dissertação a todos aqueles que nos apoiaram e ajudaram durante os difíceis anos nos quais cursamos nossa graduação.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Keiko Veronica Ono pela orientação, apoio e amizade, não apenas durante o projeto de TCC mas também durante os anos em que cursamos nossa graduação. Ao Dr. Edwin Pitre pelas sugestões e apoio nesse trabalho, bem como ao Prof. José Pugas pelo envolvimento determinante em nossa motivação e aprendizados, tanto em sua função frente à prefeitura de Curitiba, como em seu papel junto aos parques tecnológicos da PUC-PR. Ao Prof. Dario Dergint, pelas horas de conversas e enriquecedoras trocas de visões, que nos permitiram chegar à versão final desse trabalho. Aos demais professores do curso de Engenharia de Computação da UTFPR, com quem pudemos usufruir de longas conversas e discussões, e que nos influenciaram em nossa formação como pessoas e como profissionais.

RESUMO

DE SOUZA, John Theo; COIMBRA, Renan. Musikais – Identidade Sonora Dinâmica Redes De Transporte Público. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

A cidade de Curitiba possui uma rica produção cultural sonora. O Festival de Música da cidade, a Camerata Antigua de Curitiba, e bandas locais como Blindagem, Feichecleres e Relespública são alguns exemplos dos vários ícones musicais associados à cidade. Entretanto, o *boom* demográfico ocorrido nos últimos anos incorporou novos cidadãos que desconhecem esse patrimônio cultural. Seria de grande valor à Prefeitura desenvolver um canal capaz de disseminar essa memória da cidade aos novos cidadãos e novas gerações de curitibanos, bem como identificar e incorporar novas produções. Sendo assim, este projeto visa reforçar a cultura inovadora da cidade de Curitiba através da implantação de trilhas musicais no sistema de transporte público, criando uma identidade sonora dinamicamente associada aos diferentes ambientes e características tradicionais da cidade. Uma prova de conceito foi realizada baseada na Linha Turismo, uma linha de ônibus especial que circula nos principais pontos turísticos de Curitiba. Através dela foi demonstrada a criação de *playlists* construídas em tempo real sobre uma base de dados limitada, para estabelecer uma paisagem musical adequada a parâmetros ambientais e emocionais do trajeto.

Palavras-chave:

Curitiba, Música e Emoções, Sistema de Transporte Público.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO	6
SUMÁRIO	7
ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES	8
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Contexto	9
1.2 Motivação.....	10
1.3 Objetivos	10
1.3.1 Objetivo Geral	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	11
1.4 Estrutura do Documento.....	11
1.5 Metodologia	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 Linha Turismo.....	13
2.2 Crowdshaping.....	19
2.3 Música e Emoções.....	20
3. DESENVOLVIMENTO	26
3.1 Arquitetura da Solução	26
3.1.1 Classificação das Músicas.....	28
3.1.2 Parametrização de Ambientes	31
3.1.3 Matching Cluster x Ambiente.....	32
3.2 Prova de Conceito	35
3.3 Resultado da Prova de Conceito	40
4. CONCLUSÃO	44
5. REFERÊNCIAS.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma da Metodologia Seguida pelo Projeto	13
Figura 2 - Trajeto da Linha Turismo em Curitiba (GAZETA DO POVO, 2011)	14
Figura 3 – Avaliação quanto ao áudio (gravação nos pontos) da Linha Turismo em 2013.....	18
Figura 4 - Modelo de Hevner para clusters de emoções	23
Figura 5 - Modelo bidimensional de Russell baseado em Valência e Energia	24
Figura 6 – Diagrama de Blocos da Arquitetura da Solução.....	27
Figura 7 - Clusters de Emoções definidos por Hu e Downey (2007)	29
Figura 8 - Cruzamento do modelo de Russell com as categorias geradas por Hu.	30
Figura 9 - Código para a geração de clusters através da média ponderada entre os pares P(e,v) das músicas.....	33
Figura 10 - Localização das músicas originais relacionadas a um dado contexto.....	34
Figura 11 - Cluster gerado pelos pontos mostrados na figura 10.	34
Figura 12 - Diagrama de Blocos para a criação de clusters e seleção das músicas para um contexto.	35
Figura 13 - Musikais.com com um ambiente parametrizado por Noite / Nublado / Histórico	36
Figura 14 - Musikais.com com um ambiente parametrizado por Manhã / Ensolarado / Natureza	36
Figura 15 - Diagrama da arquitetura simplificada do sistema	37
Figura 16 - Tela do motorista com localização e requisição da lista de músicas	38
Figura 17 - Tela dos passageiros com informações e botões de <i>feedback</i>	38
Figura 18 - Tela de configurações do aplicativo	39
Figura 19 - Diagrama de classes da prova de conceito	40
Figura 20 – Localização de todas as músicas originais da base.....	41
Figura 21 - Clusters gerados por todos os contextos avaliados	41

1. INTRODUÇÃO

Esse capítulo apresenta o contexto em que esse trabalho está inserido, os objetivos traçados, a justificativa para realização, a metodologia utilizada, e a estrutura do documento.

1.1 Contexto

“Music has always been a matter of Energy to me, a question of Fuel. Sentimental people call it Inspiration, but what they really mean is Fuel. I have always needed Fuel. I am a serious consumer. On some nights I still believe that a car with the gas needle on empty can run about fifty more miles if you have the right music very loud on the radio.”

— Hunter S. Thompson, escritor e jornalista

Ouvir música é uma experiência receptiva, à qual o indivíduo responde de forma silenciosa, verbal ou até mesmo através de modalidades variadas como expectativas, sentimentos, reações de humor, interesses individuais e reações fisiológicas (BRUSCIA, 2000). A associação de áudio com reações nos ouvintes traz diversas oportunidades de aplicação comercial ou interativa. Alguns exemplos são o emprego de ambientações sonoras em eventos ou alertas sonoros em lojas e filas de restaurante. A cidade de Curitiba, capital do Paraná, foi uma das pioneiras no uso de alertas em sua Rede Integrada de Transportes (RIT). Indicando próximas paradas, identificando instruções de desembarque e outras informações em geral, esse recurso hoje é comum em diversos países do mundo. Em 2007, as principais linhas passaram a reproduzir músicas entre os pontos de parada, reforçando a reputação inovadora que marca o transporte público na cidade, e visando proporcionar um ambiente mais agradável aos passageiros. A novidade foi bem aceita pela população local, e considerada uma agradável “distração” durante as jornadas rotineiras e cansativas (GAZETA DO POVO, 2007). Devido a limitações relacionadas a direitos autorais, o sistema passou a reproduzir apenas músicas eruditas, de domínio público, homenageando um compositor diferente a cada mês. Entretanto, com o passar do tempo, a solução perdeu sua atratividade e foi

descontinuada. Desde então, a prefeitura da cidade busca uma forma de agregar mais valor a sua rede de transporte coletivo através do sistema de áudio já disponível.

1.2 Motivação

Através do contato institucional entre secretarias ligadas à prefeitura municipal de Curitiba e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, foi identificado o interesse da prefeitura em inovar sua rede de transporte público através do sistema de áudio já implantado. Esse desejo foi reforçado ao analisar a Linha Turismo, na qual a avaliação de passageiros locais e turistas manifesta o descontentamento com o sistema de áudio. Unindo essa oportunidade à paixão pela música e o desejo de realizar um trabalho de conclusão de curso que envolvesse o tema, surgiu a ideia de resgatar a experiência musical no transporte público implantada pela prefeitura no passado, mas abandonada por diversos fatores limitantes. Em discussões e *brainstorms* envolvendo o corpo de orientação do TCC e pessoas ligadas às secretarias de turismo e inovação da prefeitura, o conceito foi expandido para um sistema aplicável em qualquer transporte público, em qualquer país do mundo. Por fim, o projeto foi inscrito no programa de aceleração de startups criado em 2014 no Parque Tecnológico da PUC-PR, agregando ao TCC o papel de validador do conceito, e possivelmente o gatilho para um futuro empreendimento inovador.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Propor um sistema de trilha sonora dinâmica para a Linha Turismo de Curitiba, que seja condizente com o contexto identificado a partir de parâmetros externos e emocionais.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um módulo para os veículos da linha turismo composto de um aplicativo *mobile* compatível com os principais sistemas do mercado.
- Desenvolver um módulo de servidor central que permita monitorar e suportar as demais atividades do sistema.
- Desenvolver a lógica de definição da trilha sonora em compatibilidade com os principais estudos relacionados à música e emoções.
- Realizar uma prova de conceito sobre uma base de dados limitada que permita avaliar o desempenho do sistema proposto e sua consistência para uma possível implementação.

1.4 Estrutura do Documento

O capítulo 1 apresenta a introdução ao tema desse trabalho, bem como informações quanto aos objetivos e a metodologia utilizada.

O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica sobre a qual esse trabalho foi desenvolvido, considerando aspectos referentes à linha turismo e ao sistema de transporte público de Curitiba, ao conceito de *crowdshaping*, e aos estudos que relacionam músicas com emoções e sentimentos.

O capítulo 3 apresenta o processo de desenvolvimento de nossa solução, detalhando a proposta, a mecânica de funcionamento do sistema, os detalhes técnicos relevantes, a descrição da prova de conceito realizada, e os resultados obtidos nessa experiência.

O capítulo 4 traz a conclusão desse trabalho, realizando um balanço dos objetivos atingidos, dos aprendizados, e das possibilidades e planos futuros para continuidade da proposta.

1.5 Metodologia

Em uma visão geral, o projeto passou por 6 etapas: concepção, planejamento, fundamentação teórica, desenvolvimento, prova de conceito e avaliação final. Cada uma dessas etapas foi composta de procedimentos e atividades diversas que serão explicadas a seguir. Durante a fase de concepção, reuniões foram realizadas com a orientadora do projeto Dra. Keiko Veronika Ono Fonseca, com o professor convidado e doutor em musicologia Edwin Ricardo Pitre Vásquez, com o então diretor de inovação da Prefeitura de Curitiba José Pugas, e com representantes da Secretaria de Turismo da Prefeitura de Curitiba. Essas reuniões se desdobraram em brainstormings acerca das funcionalidades do produto proposto, e discussões acerca dos objetivos a serem alcançados pelo projeto, tanto sob a ótica de Trabalho de Conclusão de Curso quanto sob a ótica de possível solução para as necessidades da Prefeitura. Posteriormente, através da ferramenta online Earliz, foi traçado um planejamento de 6 meses estruturado de acordo com as etapas previstas na metodologia. A documentação do projeto foi então iniciada, em paralelo com o desenvolvimento do sistema. A fundamentação teórica buscou estabelecer um norte sólido para o desenvolvimento da solução, baseado em referências reconhecidas principalmente no que se refere ao estudo da relação entre música e emoções e ao contexto da linha turismo de Curitiba. O desenvolvimento focou primeiramente na construção de uma interface de interação com potenciais usuários (musikais.com) que permitiu a criação de um banco de dados sobre o qual a prova de conceito seria executada. Posteriormente, o foco foi direcionado ao desenvolvimento do núcleo da solução. Na penúltima etapa, a prova de conceito foi realizada através da divulgação da interface musikais.com, e da execução do sistema sob influência direta da base gerada. Por fim, a análise dos resultados permitiu identificar sucessos e pontos de melhoria em relação aos objetivos traçados, bem como oportunidades de continuidade e evolução do projeto. O fluxograma a seguir ilustra a metodologia adotada:

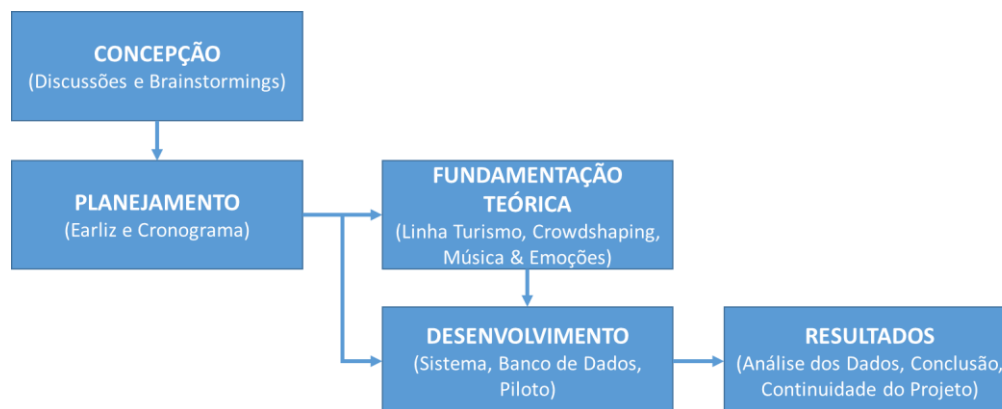


Figura 1 - Fluxograma da Metodologia Seguida pelo Projeto

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Linha Turismo

Com uma frota composta atualmente por 12 veículos, a Linha Turismo percorre os principais pontos turísticos da cidade de Curitiba, que recebe cerca de 4 milhões de turistas anualmente (GAZETA DO POVO, 2013). Existente desde 1994, a linha ganhou força em 2007 quando passou por uma reformulação e introduziu um novo modelo de ônibus denominado *double deck*. Com a mudança, as novas Jardineiras - como os curitibanos carinhosamente chamam os ônibus da linha - rapidamente se tornaram um sucesso e aumentaram a demanda, tendo transportado mais de meio milhão de passageiros em 2013 e se tornando peça chave nos atrativos turísticos oferecidos pela cidade. Abaixo, o mapa do trajeto cumprido pela Linha Turismo, bem como uma breve descrição dos pontos turísticos em ordem de visitação (PREFEITURA DE CURITIBA, 2015). Esses pontos foram avaliados e influenciaram o modelo de parametriza o de ambientes adotado nesse projeto.

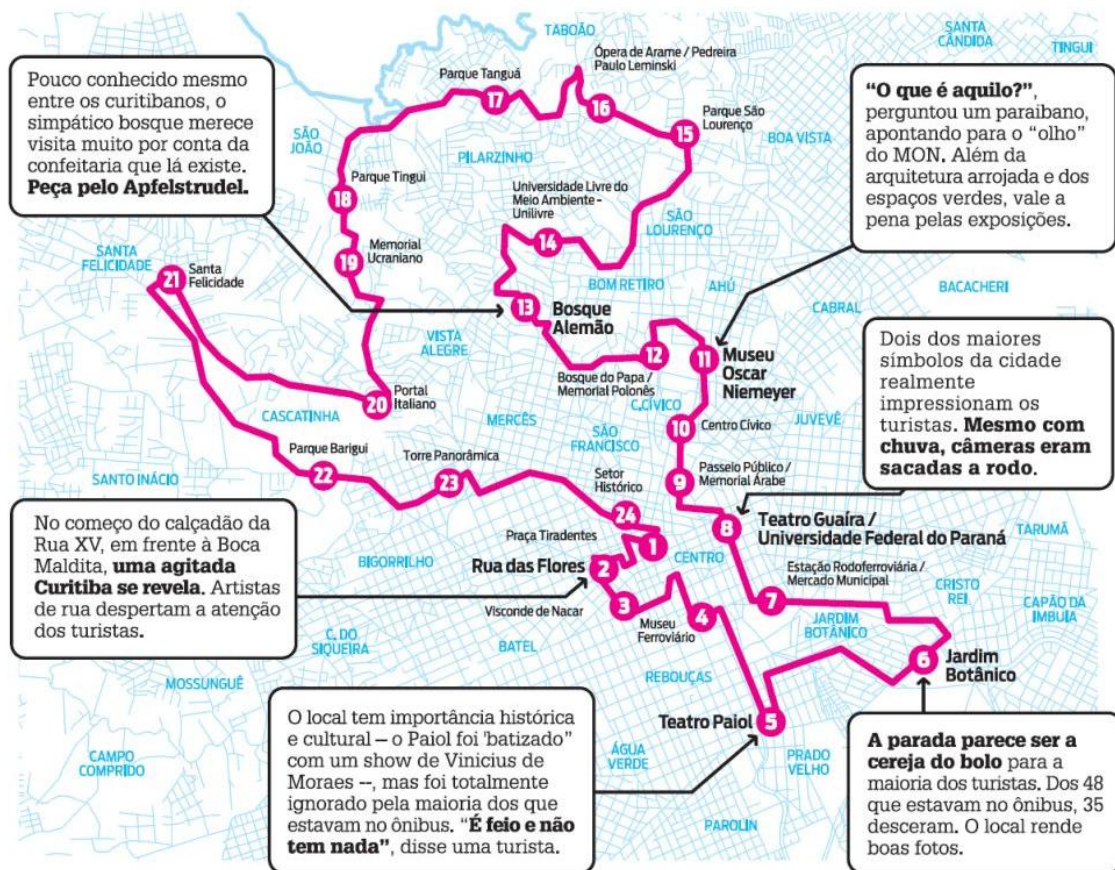


Figura 2 - Trajeto da Linha Turismo em Curitiba (GAZETA DO POVO, 2011)

1. PRAÇA TIRADENTES: Marco zero da cidade, é dominada pela Catedral Basílica de Nossa Senhora da Luz, em estilo gótico, restaurada em seu centenário em 1993.
2. RUA DAS FLORES: A principal rua da cidade, transformada no primeiro calçadão do país em 1972. É importante eixo comercial da capital.
3. RUA 24 HORAS: Restaurada, a Rua voltou a ostentar a arquitetura que a tornou conhecida mundo afora, como os grandes arcos e o relógio com as 24 horas do dia, e reabriu com um variado mix de comércio e serviços.
4. MUSEU FERROVIÁRIO: Construído na antiga estação, conta a história ferroviária do Estado. O prédio anexo Shopping Estação abriga o Museu Ferroviário, da Farmácia, do Perfume, o Teatro de Bonecos além do moderno centro de eventos Estação Embratel Convention Center.
5. TEATRO PAIOL: Antigo paiol de pólvora construído em 1906 e reciclado para teatro de arena em 1971. Sua inauguração teve batismo do poeta Vinícius de

Moraes, que compôs música especialmente para a ocasião. Símbolo da transformação cultural de Curitiba.

6. JARDIM BOTÂNICO: Criado em 1991 à imagem dos jardins franceses, tem estufa em metal e vidro, museu botânico, mata nativa, trilhas e o espaço cultural Frans Krajcberg.
7. ESTAÇÃO RODOFERROVIÁRIA/MERCADO MUNICIPAL: Sua concepção moderna e funcional representou em 1972, quando foi inaugurada, um marco no país em terminais de transporte. O Mercado Municipal é o tradicional ponto para comprar iguarias de todo o mundo.
8. TEATRO GUAÍRA/UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ: Na Praça Santos Andrade localiza-se o Teatro Guaíra, um dos maiores da América Latina. À sua frente, do outro lado da praça encontra-se a Universidade Federal do Paraná, a primeira do Brasil.
9. PAÇO DA LIBERDADE: Recentemente restaurado, foi sede do governo municipal. É o único patrimônio de Curitiba tombado nas três esferas: nacional, estadual e municipal. Atualmente abriga um centro cultural.
10. MEMORIAL ÁRABE / PASSEIO PÚBLICO: Situado na Praça Gibran Khalil, é uma construção moderna inspirada na arquitetura dos povos do deserto. Seu interior abriga uma biblioteca. O Passeio Público foi o primeiro parque público e o primeiro zoológico de Curitiba. No início abrigava animais de grande porte. Atualmente só existem animais pequenos.
11. CENTRO CÍVICO: Sede dos Poderes do Estado do Paraná, com o Palácio Iguazu, a Assembléia Legislativa e o Tribunal de Justiça, além da Prefeitura de Curitiba. Implantado em 1953, no centenário da emancipação política do Paraná.
12. MUSEU OSCAR NIEMEYER: Maior e mais moderno museu do Brasil. Projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer, o "olho" completa uma antiga obra que ele mesmo construiu, em 1976.

13. BOSQUE DO PAPA/MEMORIAL POLONÊS: Memorial da imigração polonesa, é composto por sete casas de tronco e bosque nativo. Inaugurado em 1980, logo após a visita do Papa João Paulo II a Curitiba.
14. BOSQUE ALEMÃO: Lembra as mais caras tradições dos alemães, os primeiros imigrantes a se estabelecer em Curitiba, no século dezanove, a partir de 1833. Entre os destaques, a trilha de João e Maria, dos contos dos irmãos Grimm, a Casa Encantada, o Oratório Bach e a Torre dos Filósofos, com uma bela vista de Curitiba.
15. UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE – UNILIVRE: Inaugurada em 1992, com a presença do oceanógrafo Jacques Cousteau, promove educação ambiental para a população em geral. É, por si só, uma lição de ecologia, integrando a arquitetura ao meio ambiente.
16. PARQUE SÃO LOURENÇO: Uma velha fábrica de cola deu lugar a um Centro de Criatividade, com cursos, oficinas e espaços para exposições. Seu lago é cercado por ampla área verde nativa.
17. ÓPERA DE ARAME/PEDREIRA PAULO LEMINSKI: Construído em estrutura tubular, o Teatro Ópera de Arame, de 1992, é um espaço mágico que se integra à natureza do local. Ao seu lado, a Pedreira Paulo Leminski é o palco dos grandes acontecimentos culturais e artísticos de Curitiba. Mais adiante, está o Farol das Cidades, biblioteca informatizada conectada à Internet.
18. PARQUE TANGUÁ: Às margens do rio Barigui, é área de lazer com grandes espaços verdes, ancoradouro, pista para caminhada e corrida, ciclovia e um túnel aberto na rocha bruta unindo os lagos. Implantado em 1996.
19. PARQUE TINGUI: O Parque Tingui lembra os primeiros ocupantes dos Campos de Curitiba, os índios Tinguís, da nação Guarani.
20. MEMORIAL UCRANIANO: O Memorial Ucraniano, no Parque Tingui, é homenagem ao centenário da chegada dos pioneiros da etnia, comemorado em 1995. Uma réplica da Igreja de São Miguel, da Serra do Tigre, em Mallet, interior do Paraná, com telhas de pinho e cúpula de bronze, é um museu.

21. PORTAL ITALIANO: O Portal sinaliza a entrada do bairro italiano de Santa Felicidade. Utiliza elementos de três edificações típicas da imigração italiana, entre elas a igreja matriz, com sua torre separada do corpo principal.
22. SANTA FELICIDADE: Colônia formada em 1878 por imigrantes italianos das regiões do Vêneto e do Trentino. Principal eixo gastronômico de Curitiba, é um desfile de casas típicas, unidades de interesse de preservação pelo valor histórico, arquitetônico ou sentimental.
23. PARQUE BARIGUI: Um dos maiores da cidade, implantado em 1972, é um dos preferidos para as caminhadas diárias do curitibano à beira do lago. Tem espaços para exposições e eventos, museu do automóvel, esportes e várias outras atividades.
24. TORRE PANORÂMICA: Suporte dos serviços de telecomunicações, permite, do mirante, uma visão de 360 graus da cidade. Seus 109,5 metros de altura equivalem a um edifício de 40 andares.
25. SETOR HISTÓRICO: As ruínas da Igreja de São Francisco de Paula, nunca concluída, o Relógio das Flores, a Fonte da Memória, igrejas antigas, casarões reciclados e transformados em espaços culturais compõem o Setor Histórico da cidade, onde um dos destaques é o Memorial de Curitiba. Aos domingos, tem feira de artesanato.

Na Linha Turismo, o sistema de áudio possui papel ainda mais importante que o convencional em outras linhas de transporte público, pois cumpre a função de guia turístico ao trazer informações sobre os locais visitados. Naturalmente, o casamento entre o áudio reproduzido e o local visitado é crucial, e o peso dessa tecnologia na satisfação dos passageiros ganhou proporção crítica. No modelo atual, os informes são disparados de acordo com o tempo estimado para cada parada, mas variações nesses tempos devido ao trânsito e eventuais falhas no sistema trazem um impacto frequente na qualidade do serviço. Seria de grande importância para a prefeitura de Curitiba obter uma solução mais robusta e dinâmica, que não apenas possa cumprir a função informativa do sistema de áudio na linha turismo, como também agregar valor proporcionando mais conforto e satisfação aos passageiros. Ainda, o perfil pioneiro da cidade em inovações urbanas é propício para uma solução diferenciada

do padrão já estabelecido em praticamente todo território nacional, permitindo trazer um novo conceito ao uso de áudio em transportes públicos. Uma pesquisa realizada pela Prefeitura de Curitiba (INSTITUTO MUNICIPAL DE TURISMO, 2013) envolvendo 452 usuários apontou diversos detalhes interessantes sobre a operação dessa linha e a opinião de seus passageiros. De acordo com a pesquisa, 86.2% dos usuários da linha turismo são turistas, 1.6% são excursionistas, 9.1% são moradores de Curitiba e 3.1% são moradores da região metropolitana da capital paranaense. A maior parte dos usuários é do gênero feminino, com 57.3%, e a faixa etária predominante situa-se entre 25 e 34 anos, englobando 35.6% dos pesquisados. Nas avaliações individuais dos serviços da linha pelos turistas, as queixas mais expressivas são em relação ao áudio, com 47.9% do resultado geral somando as avaliações “ruim” e “regular”. Entre os moradores da cidade, esse número cai para 39.2%, mas se mantém como principal fator de insatisfação.

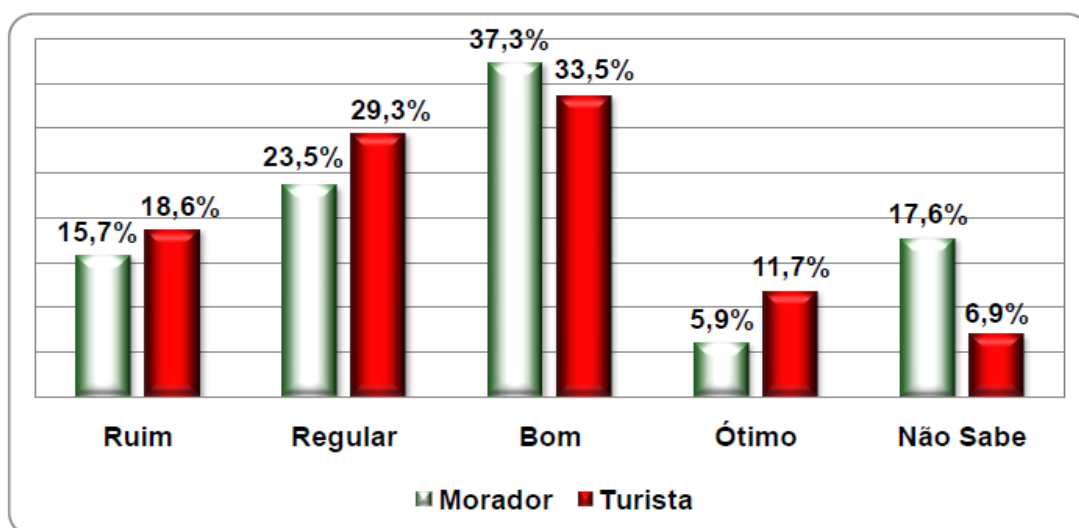


Figura 3 – Avaliação quanto ao áudio (gravação nos pontos) da Linha Turismo em 2013

Considerando a lista de principais sugestões levantadas, a primeira colocada é “Melhorar o Áudio”, com 8.3% do resultado geral, sendo este valor composto por um resultado de 3.7% entre os moradores e 9% entre os turistas. Ainda, entre a lista de principais críticas, a opção “Áudio Ruim” aparece também em primeiro lugar, com 17.8% do resultado geral, valor este composto por 44.4% da avaliação de moradores e 15.6% da avaliação de turistas.

2.2 Crowshaping

O conceito de *Crowshaping* reflete a formação de produtos e serviços de acordo com as preferências ou comportamentos agregados de uma determinada quantidade de consumidores, expressados pelos seus dados – usualmente através da Internet (TRENDWATCHING, 2014). Esse modelo foi apontado como uma das 7 principais tendências de consumo mundiais na atualidade e já está incorporado a serviços amplamente difundidos, como buscas personalizadas no Google, ou outros inovadores como a melhoria de rotas de ônibus através de dados de smartphones na África. O *Crowshaping* pode ser realizado tanto com grupos pequenos de consumidores e de forma online quanto com grandes multidões em estudos mais profundos de comportamento e opinião. Um estudo da Coleman Parkes Research (AMDOCS, 2013) afirma que 57% dos consumidores estão dispostos a compartilhar informações pessoais como localização e informações da família em prol de receber serviços melhores. Um bom exemplo de como o *crowdshaping* promete revolucionar experiências foi apresentado no festival de cultural SXSW 2014. Entre as atrações do evento, a multinacional Pepsi propôs o que foi chamado de Concerto Bioreativo, em parceria com o produtor e DJ A-Trak (THE INTERNATIONALIST, 2014). O público presente foi convidado a utilizar pulseiras de monitoramento que captavam dados como frequência cardíaca, movimentos e temperatura do corpo. Os dados coletados influenciavam diretamente o concerto: quando a temperatura do público atingia um determinado limiar, uma rodada de drinks era ofertada. Painéis de ranking identificavam aqueles que dançavam de forma mais enérgica, criando uma disputa entre meninos e meninas que também liberava novos benefícios. A leitura dos dados era compartilhada em tempo real com o DJ, de forma que ele pudesse adaptar seu *setlist* baseado na resposta física de seu público. Entretanto, o *crowdshaping* não está presente apenas em situações não convencionais. O conceito muitas vezes passa despercebido em atividades corriqueiras, aproximando-se ou até mesmo se misturando com a Personalização na Internet, outra tendência crescente nos últimos anos (MONTGOMERY et al, 2008). Ao analisar dados de navegação e inferir possíveis correlações com produtos e serviços, serviços de busca são capazes de retornar resultados e anúncios diferentes para dois usuários

que façam a mesma busca. Outro exemplo é aplicativo de GPS Waze. Motoristas alimentam o sistema a todo instante com informações sobre as condições do trânsito e a velocidade de seus carros nas vias que transitam, enquanto o sistema utiliza esses dados para compor rotas otimizadas e oferecer produtos ou serviços na região (WAZE, 2015). Por fim, o acesso à Internet móvel favorece a evolução de soluções baseadas em *crowdshaping*, com a possibilidade de capturar constantemente a rotina e as preferências de um indivíduo. Entretanto, principalmente para dados relativos à preferências e classificação musical, alguns cuidados especiais devem ser considerados ao lidar com essa grande quantidade de dados. O grau de liberdade na criação das informações é alto, estando elas sujeitas a riscos como dupla interpretação, relação de equivalência e influência de experiências pessoais. Usá-las sem nenhum tipo de regra ou tratamento pode condenar o resultado de estudos que busquem uma classificação sólida de gêneros ou sentimentos proporcionados pela música. Sendo assim, se faz importante adotar um mínimo de premissas, minimizando o risco de inconsistências (HU, 2010).

2.3 Música e Emoções

O poder da música na mente e no corpo humano tem cativado estudiosos nos campos da filosofia, medicina, psicologia e musicologia há séculos. Nas palavras dos pesquisadores Juslin e Sloboda, “*Alguns tipos de experiências emocionais são provavelmente a principal motivo do engajamento de pessoas com música*” (SLOBODA *et al.*, 2001). Diversas teorias têm buscado descrever e explicar o impacto da música no ouvinte. Um dos modelos mais recentes e detalhados, proposto por Juslin e Vastfjall (2008), sugere que vários mecanismos podem atuar juntos para gerar emoções musicais. Entretanto, ainda são escassas evidências experimentais que determinem os mecanismos exatos de indução de emoções através de música, a natureza dessas emoções, e sua relação com outros processos afetivos. Isso fica evidente ao avaliar as diversas pesquisas existentes na comunidade MIR (*Music Information Retrieval*) e verificar que não existe consenso em relação às classificações de sentimentos relacionados a gêneros musicais, o que dificulta a comparação entre diferentes estudos (HU, 2010). Também é reconhecido

pela comunidade científica que emoções expressadas em músicas podem ser distintas das emoções sentidas pelo ouvinte (GABRIELSON *et al.*, 2002). Frequentemente, as percepções do ouvinte são influenciadas por experiências e associações que se relacionam a um evento ou uma história individual, previamente associada ao conteúdo musical. As reações emocionais à música são alvo frequentemente de estudos sobre ativação cerebral. As respostas manifestadas por ouvintes de música envolvem diversas áreas do cérebro já reconhecidas pela sua relação com respostas emocionais. Como exemplos, são frequentemente citados o tálamo, hipocampo, a amígdala, o córtex orbito-frontal, a ínsula, e o núcleo *accumbens* (BLOOD *et al.*, 2001). O ato de escutar música é capaz de fazer com que pessoas manifestem ações como chorar, sorrir, e franzir a sobrancelha, como indicado em observações e medições eletromiográficas (EMG) de músculos faciais (WITVLIET *et al.*, 2007). Tal sincronia foi recentemente demonstrada em um estudo experimental, no qual foram mensurados sentimentos auto relatados, atividade muscular facial (EMG) e atividade do sistema nervoso autônomo, em 32 indivíduos que escutavam trechos de músicas pop compostas tanto com expressões alegres quanto tristes. Os resultados revelaram uma manifestação coerente de componentes experienciais, expressivos e fisiológicos. Como exemplos, músicas “felizes” produziram mais atividades musculares faciais zigomáticas (sorrisos), maior condutância da pele, menor temperatura dos dedos, maior sentimento de “felicidade” e menor sentimento de “tristeza” em comparação com as músicas “tristes” (LUNDQVIST *et al.*, 2009). Em relação a quais sentimentos podem ser despertados pela música, um estudo realizado na Suécia apresentou um resultado consistente avaliando cerca de 700 indivíduos. Nessa pesquisa de larga escala, os participantes reportaram suas mais recentes experiências emocionais com música. Diferentemente de outros estudos que apresentavam uma lista de respostas pré-selecionadas, os participantes puderam descrever seus sentimentos em suas próprias palavras. Algumas tendências notáveis surgiram dos dados coletados: 84% das respostas se referiam a estados afetivos positivos e negativos como opostos. Ainda, 92% se referiam a emoções específicas, em oposição a estados afetivos mais amplos. Por fim, 89% das respostas apresentaram emoções “individuais”, em oposição as outras 11% que apresentaram emoções “mistas” como alegria e tristeza simultaneamente. As cinco emoções mais frequentes extraídas da pesquisa foram felicidade/exultação, tristeza/melancolia, calma/bem-estar, nostalgia/saudade e

excitação/alerta (JUSLIN, 2011). Em suma, os resultados de diversos estudos apontam que os ouvintes de música podem experimentar tanto emoções básicas como felicidade e tristeza até emoções mais complexas como nostalgia, incluindo também emoções mistas. Essa relação entre som e emoções pode ser ainda mais relevante quando associada a recursos visuais naturais ou construídos. Um bom exemplo dessa combinação é a chamada 7ª arte: o cinema. Desde as primeiras exposições comerciais com o cinema mudo, os filmes eram acompanhados pela música. A princípio, várias hipóteses buscam justificar essa prática. De acordo com Kurt London (CARRASCO, 1993) a música teria sido incorporada aos filmes mudos apenas para minimizar o ruído incômodo e dispersante dos primeiros projetores. Já para Hanns Eisler e Theodor Adorno, a música cumpria o papel de tornar o ambiente dos cinemas mais agradável, pois as condições de escuridão e estranheza perante imagens virtuais eram, de certa forma, inóspitas ao público da época. Seja qual for a razão, é fato que desde então a música ou efeitos sonoros se tornaram elementos primordiais em praticamente todos os filmes, comerciais, e diversas outras ações visuais que busquem promover um sentimento em seus telespectadores. Alguns fatores importantes são reconhecidos na relação entre música e emoções. É possível observar uma uniformidade nos efeitos de humor causados em ouvintes de músicas. Frequentemente, estudos demonstram uma consistência satisfatória no julgamento das pessoas sobre a expressão musical das músicas avaliadas. As emoções reportadas por diferentes ouvintes para uma mesma seleção de músicas geralmente são similares. Entretanto, também é reconhecido que nem todos os tipos de emoções ou humor apresentam o mesmo nível de consenso entre os ouvintes. Para estudos de MIR, isso significa que algumas categorias de emoções podem ser mais difíceis de classificar que outras, e algumas correlações entre músicas e emoções podem ser menos consistentes considerando a opinião geral de ouvintes. Por fim, outra importante conclusão é que existem uma certa correspondência entre as emoções percebidas pelos ouvintes e alguns parâmetros musicais como *tempo*¹, dinâmica, ritmo, timbre e tons utilizados. Estudos mostram que alguns parâmetros podem possuir grande relevância para a percepção de determinadas emoções, mas se tornarem irrelevantes na percepção de outras. Como exemplo, modalidade possui grande importância para emoções como *felicidade* e *tristeza*, mas perde importância

¹ Do italiano, também referido em português como *andamento* ou *batidas por minuto*.

em um contexto de *calma* ou *excitação*. O aspecto vocal da música também interfere, na medida que palavras de humor, peculiaridades da voz e a conduta possuem grande impacto sobre a percepção de emoções através de música (HU, 2010). Sendo assim, um passo importante para a evolução de um estudo MIR é a definição de uma taxonomia para as emoções proporcionadas pela música. A tentativa mais recente e conhecida de criar esse modelo foi de Hevner (1936), que se baseou em *clusters* de emoções distribuídos em um círculo. Cada um dos 8 *clusters* era composto por emoções similares entre si, e cada par de *clusters* adjacentes no círculo seriam ligeiramente diferentes em relação ao teor das emoções consideradas. A diferença entre o conteúdo emocional de dois *clusters* aumenta à medida que se distanciam até que estejam localizados em extremos opostos do círculo, momento em que podem ser considerados *clusters* antagônicos.

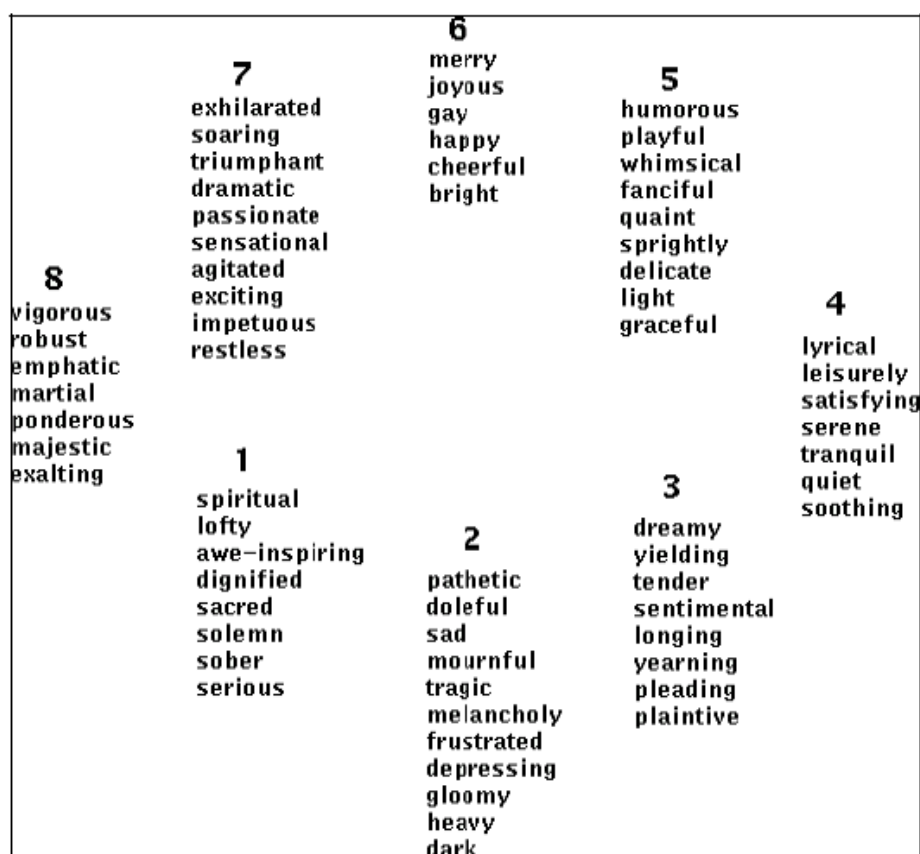


Figura 4 - Modelo de Hevner para clusters de emoções

O modelo de Hevner se enquadra no conceito de modelos *categoricos*, que pregam a classificação através de conjuntos de categorias emocionais discretizadas. Outro modelo conhecido são os modelos *dimensionais*, que distribuem as emoções em um

espaço multidimensional, e diferem bastante entre si em relação ao tipo e à quantidade de dimensões consideradas. Entre eles, o modelo de Russell (1980) tem sido adotado em diversos estudos experimentais de psicologia musical, e também por pesquisadores que usam taxonomias similares baseadas nesse modelo. Composto por 28 emoções distribuídas em duas dimensões denominadas Valência e Energia, esse modelo define regiões emocionais no espaço bidimensional. A variável Valência reflete o quão feliz-triste é a música, enquanto a variável Energia reflete seu grau de atividade, de excitação. Entretanto, apesar das diferenças, não se pode separar completamente os dois tipos de modelos. Até mesmo o modelo categórico de Hevner gera uma relação dimensional implícita ao definir um relacionamento gradual entre os *clusters*.

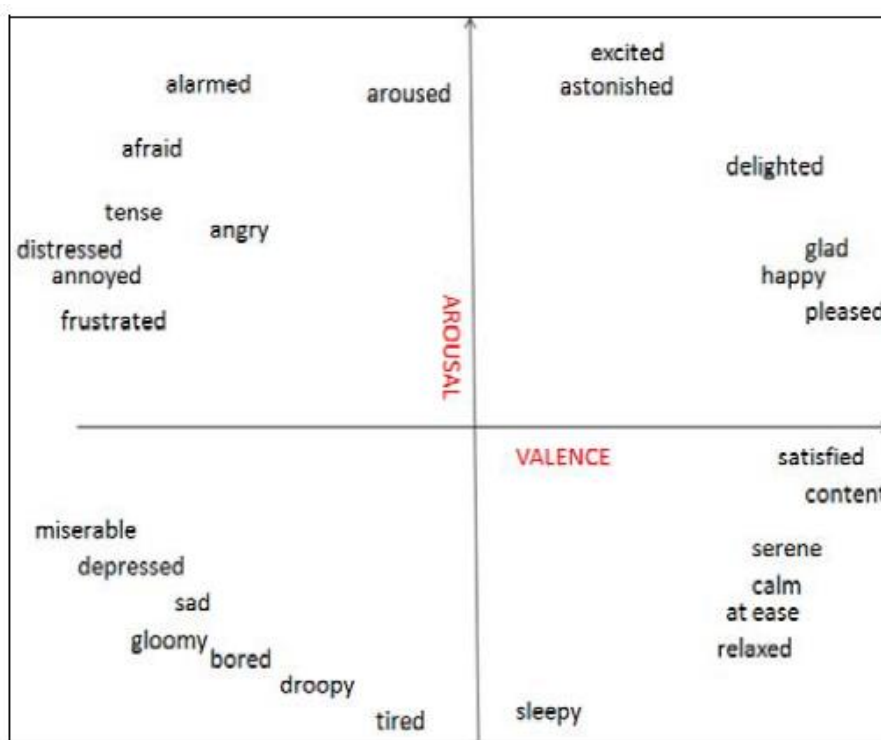


Figura 5 - Modelo bidimensional de Russell baseado em Valência e Energia

O advento da web 2.0 e uma verdadeira revolução no modo como as pessoas consomem música enriqueceu as ferramentas disponíveis para estudos de MIR. A consolidação do MP3 como formato de áudio mais popular, o sucesso de aplicações como o Spotify e *playlists* temáticas, e a popularização de *webstores* como iTunes

proporcionaram um nível de engajamento dos usuários muito maior no que se refere a classificação de música e artistas. Isso possibilitou uma mudança no modelo de desenvolvimento centrado em lucros que marcava a indústria da música até então, para um modelo centrado no usuário e que já se mostrava tendência em diversos outros mercados. Tecnologias de filtro de conteúdo se tornaram peça importante em serviços de música, permitindo que o usuário encontre músicas similares aos artistas que gosta, ou busque músicas de acordo com parâmetros como o seu humor. Alguns sistemas já existentes e amplamente difundidos, como o The Echo Nest recentemente comprado pelo Spotify (SPOTIFY, 2014) são capazes de definir *playlists* e selecionar conteúdo considerando a *impressão digital* de dados de áudio. Essa impressão digital é um sumário gerado a partir de um sinal de áudio, compilando características como taxa média de ZCR², ritmo, achatamento espectral e largura de banda utilizada. Através desse sumário é possível identificar áudios semelhantes entre si, selecionando canções que combinem com a música, artista ou gênero selecionado inicialmente. Outros sistemas se propõem a classificar uma vasta base de músicas em emoções seguindo modelos semelhantes aos propostos por Hevner e Russell e frequentemente utilizando curadorias nesse processo, como o serviço Musicoverly (2015) que possui especialistas para avaliar até 40 parâmetros acústicos. Entretanto, fica claro que esses serviços estão fortemente relacionados com os dados digitais disponíveis nos áudios originais, não sendo capazes de avaliar fatores externos de ambiente e contexto. As palavras do cientista Vincent Spruyt (2014) da empresa de ferramentas de contexto computacional Sentiance, evidenciam essa limitação:

“Obviously, a user’s affective response to a music fragment depends on a large set of external factors, such as gender, age, culture, and context (e.g. time of day or location). However, these external variables set aside, humans are able to consistently categorise songs as being happy, sad, enthusiastic or relaxed.”

É nesse contexto e buscando atuar sobre essa limitação das tecnologias de filtro de conteúdo que está inserida a proposta desse projeto.

² Zero Crossing Rate, a taxa de cruzamento ou ponto zero do sinal em relação ao eixo do tempo.

3. DESENVOLVIMENTO

Esse capítulo apresenta a descrição da solução proposta, das etapas cumpridas para provar seu conceito, e uma análise dos resultados obtidos com esse projeto.

3.1 Arquitetura da Solução

Foi desenvolvido um sistema com potencial para gerir uma trilha sonora ou *playlist* convencional considerando parâmetros de ambiente e contexto. Esse sistema atende à necessidade da prefeitura de Curitiba na medida que possibilita ao sistema da Linha Turismo tocar músicas que estejam de acordo com o ponto turístico visitado. Como exemplo, um ponto turístico de contexto histórico pode favorecer músicas de artistas locais tradicionais, de vanguarda, enquanto um ponto turístico de contexto contemporâneo pode favorecer revelações locais recentes. O sistema proposto nesse projeto realiza uma outra seleção, possivelmente complementar àquela feita por sistemas como o The Echo Nest, e baseada em fatores externos como condições climáticas, período do dia e localização geográfica do ouvinte. Além disso, buscando um consenso maior entre a opinião dos ouvintes quanto às seleções realizadas, o sistema propõe a associação de ambientes com emoções através de *crowdshaping*. Dessa forma, o valor final agregado pelo sistema é fornecer ao ouvinte músicas e/ou sons que estejam de acordo com seu contexto, e proporcionem uma relação emocional adequada e positiva. Sendo um sistema de *software* baseado em linguagens e protocolos de comunicação portáteis, poderia passar por qualquer adaptação necessária para utilizar a infraestrutura já existente na Linha Turismo, nos demais ônibus da Rede Integrada de Transporte em Curitiba, ou outros sistemas de transporte público no Brasil e no mundo. O sistema segue um modelo Cliente-Servidor PaaS³ (*Platform as a Service*) que permite não apenas a conexão direta de usuários em uma aplicação *stand-alone*, como também sua aplicação em um cenário *White-Label*, no qual a solução estaria aninhada em outra solução já existente (como um player de músicas)⁴ e se comportaria como uma função desse sistema, fixa ou sujeita à ativação, capaz de selecionar músicas contextualizadas.

³ Serviço em nuvem que provê uma plataforma de desenvolvimento, execução e gerenciamento de Web Apps.

⁴ Esse é o modelo adotado pelo The Echo Nest junto ao aplicativo Spotify.

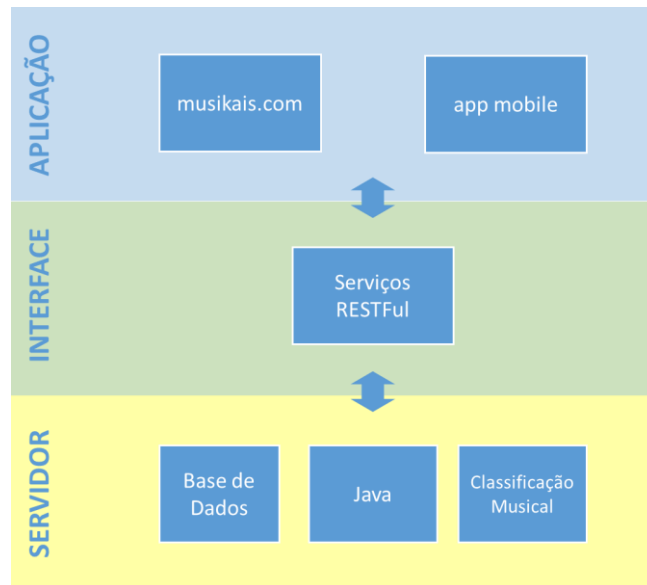


Figura 6 – Diagrama de Blocos da Arquitetura da Solução

Basicamente, os módulos cumprem as seguintes funções:

- **musikais.com** é o website onde é feita a validação do *matching* música/ambiente. Todos as opiniões colhidas são arquivadas na base de dados e alimentam a base de regras que irão nortear as inferências posteriores. Uma segunda versão do site, publicada em maio de 2015, apresenta apenas ambientes da cidade de Curitiba e relacionados aos pontos em que a Linha Turismo passa, já estando orientada à aplicação prevista nesse projeto. Além disso, todos os artistas das músicas utilizadas nessa versão da aplicação também são naturais da capital paranaense.
- **App Mobile** é o aplicativo que será instalado no dispositivo que estiver associado ao sistema de som do ônibus ou no próprio *smartphone* dos usuários que desejarem uma experiência individual. No caso dos ônibus da Linha Turismo, esse dispositivo é um *tablet* com sistema operacional Android. O aplicativo monitora localização geográfica, condição climática e período do dia, e seleciona uma música que esteja de acordo com alguma regra inferida pelos dados resultantes do *crowdshaping* do musikais.com.
- **Serviços RESTful** são os serviços multiplataforma disponibilizados para atender qualquer tipo de aplicação que desenhada para interagir com o servidor.

- **Base de Dados** é onde estão armazenados todos os dados para composição do Musikais, como a base de músicas disponibilizadas ou de imagens utilizadas nos musikais.com. Também estão armazenados nessa base todos inputs e regras de inferência geradas a partir do *crowdshaping* no musikais.com
- **Java** é a aplicação que controla toda a lógica e comportamento do Musikais. Roda em um servidor online via Openshift.
- **Classificação Musical** é o algoritmo responsável por avaliar uma nova música e classificá-la de acordo com o *cluster* de emoções mais adequado.

O mecanismo básico de atuação do sistema pode ser dividido em três processos: a associação das músicas com clusters de emoções, a parametrização de ambientes e o *matching* realizado por *crowdshaping*, fortalecendo ou desconstruindo os pares cluster/ambientes.

3.1.1 Classificação das Músicas

Todas as músicas que venham a integrar a base do sistema Musikais passam por uma classificação de *cluster* de emoções. Esse cluster representa um conjunto de emoções aos quais a música está associada. Inicialmente, esse trabalho considerou o modelo de clusters de emoções para músicas proposto por Hu (2010) e influenciado pelo modelo dimensional de Hevner. Esses clusters foram obtidos a partir de uma análise da base de dados do AllMusic.com, que clama possuir a “fonte de referência para música mais abrangente do planeta” (HU, 2010). Essa base apresenta 179 categorias de humor, que são adjetivos que descrevem o som ou o sentimento de uma música”, e foram elaboradas para a base de músicas do AllMusic por editores profissionais. Uma das propostas foi realizar uma matriz de correlação entre as 40 categorias mais populares e as listas de *Top Songs* e *Top Albums* do website, identificando em cada célula da matriz uma música relacionada com duas categorias representadas nas coordenadas da respectiva célula. Uma correlação de Pearson foi calculada para cada par de linhas ou colunas, definindo o grau de similaridade entre cada par de categorias de humor. Por fim, foi aplicado o método de Ward sobre esses dados de similaridade, e o resultado foi analisado. Das 40

categorias selecionadas, 29 demonstraram estar consistentemente agrupados em 5 clusters com uma distância semelhante entre si. Esses clusters estão representados abaixo em sua língua original, evitando assim qualquer alteração no sentido.

Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4	Cluster5
Rowdy	Amiable/ Good natured	Literate	Witty	Volatile
Rousing		Wistful	Humorous	Fiery
Confident	Sweet	Bittersweet	Whimsical	Visceral
Boisterous	Fun	Autumnal	Wry	Aggressive
Passionate	Rollicking	Brooding	Campy	Tense/anxious
	Cheerful	Poignant	Quirky	Intense
			Silly	

Figura 7 - Clusters de Emoções definidos por Hu e Downey (2007)

Algumas dificuldades foram encontradas seguindo o modelo categórico acima. Muitas das palavras apresentadas nesses clusters não se mostram tão intuitivas para interpretação musical, ainda mais considerando a perda de tradução da língua inglesa. Outra limitação encontrada foi que as diversas APIs disponíveis para projetos relacionados a MIR não adotam um sistema satisfatoriamente compatível ao conjunto de clusters. Sendo assim, foi avaliado o resultado do estudo de Hu sobre o modelo dimensional de Russell. Avaliando o cruzamento das palavras estabelecidas por Russell com as categorias identificadas a partir das listas do AllMusic.com, as palavras semelhantes nos dois conjuntos estão sinalizadas na figura abaixo. Aquelas palavras que pertencem à mesma categoria estão agrupadas.

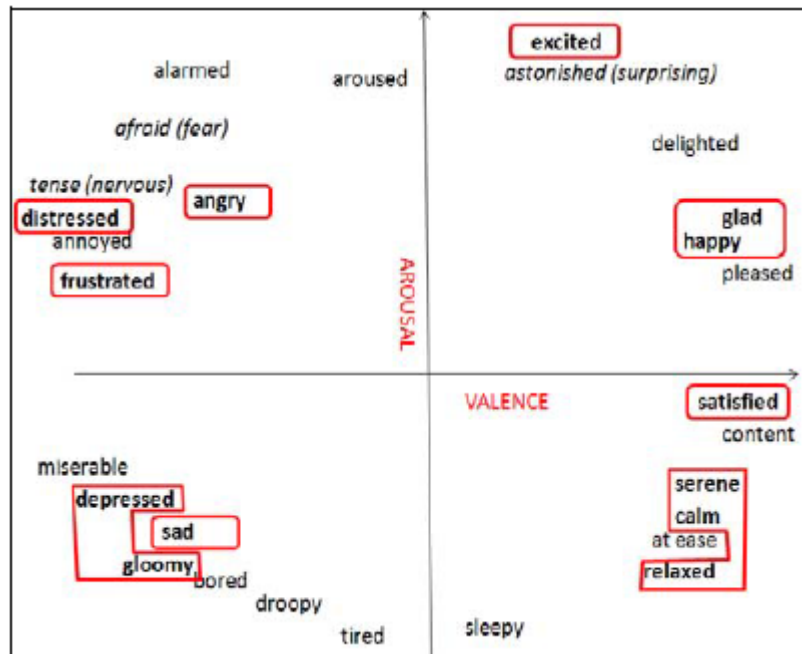


Figura 8 - Cruzamento do modelo de Russell com as categorias geradas por Hu.

De acordo com o resultado, 13 das 28 palavras estão relacionadas com as categorias de Hu, e outras 3 possuem significados muito similares a palavras de alguma categoria (estas foram indicadas em *itálico*). Aquelas que não tiveram correlação direta muitas vezes podem ser consideradas sinônimos de palavras pertencentes há algum cluster, ou podem também ter caráter ambíguo, refletindo mais a percepção pessoal do ouvinte do que o teor emotivo da música em si. O grau de relação entre as palavras usadas por Russell e a base de palavras online WorldNet Affect foi maior do que aquele resultante da comparação com Hevner, o que sugere que o primeiro está baseado em termos mais contemporâneos. Por fim, o modelo de Russell baseado em valência e energia se mostrou compatível com diversas APIs e serviços de *footprint* musical disponíveis gratuitamente. Sendo assim, optou-se por adotar esse modelo para a prova de conceito do sistema Musikais nesse projeto. As músicas incluídas na base do Musikais são informadas ao já mencionado sistema The Echo Nest. Esse sistema disponibiliza uma API gratuita para informar o *footprint* musical de um arquivo de áudio. Nessa *footprint*, é possível obter os valores de valência e energia para uma determinada música. Ao receber o retorno da API, a posição de cada música nas dimensões de Russell é definida. Juntamente com os demais processos explanados a seguir, isso permitirá a

classificação inicial automática de novas músicas, bem como determinar as músicas a serem reproduzidas para cada contexto.

3.1.2 Parametrização de Ambientes

Esse processo é o responsável por classificar ambientes utilizando um conjunto de parâmetros. Os parâmetros escolhidos para a prova de conceito são:

- Período do Dia
- Condição Climática
- Contexto

Os valores possíveis para esses parâmetros estão apresentados na tabela abaixo e foram influenciados pela análise do itinerário da Linha Turismo, de forma que todos os pontos turísticos pudessem ser devidamente classificados. Esses parâmetros são de aquisição simples em qualquer dispositivo conectado à Internet, com performance melhor para aqueles providos de GPS. Novos parâmetros podem ser incluídos de acordo com os objetivos no emprego do sistema.

Período do Dia	Condição Climática	Ambiente
Manhã	Ensolarado/Céu Limpo	Histórico
Tarde	Nublado	Contemporâneo
Noite	Chuvoso	Natureza
		Litoral

Tabela 1 - Parâmetros para descrição de ambiente no sistema Musikais

Uma combinação qualquer dos 3 parâmetros acima forma um *contexto*, que pode também ser entendido como um perfil de ambiente único dentro do sistema. Através da localização geográfica obtida através do tablet presente nos veículos da linha turismo ou do *smartphone* de um passageiro, é possível consultar um serviço de clima *online* e obter o parâmetro de condição climática. O ambiente é também determinado pela localização geográfica, dado que as regiões dos pontos turísticos previstos na Linha Turismo tiveram um valor pré-definido para essa variável. Por fim, a variável Período do Dia segue o horário informado pelo relógio do dispositivo cliente.

3.1.3 Matching Cluster x Ambiente

Após classificar uma música em um cluster de emoções e ser capaz de reconhecer ambientes através de parâmetros pré-definidos, o sistema é capaz de relacionar os clusters de músicas com os ambientes apropriados. Através dos aplicativos para usuário final, o sistema recebe os *feedbacks* dos usuários informando se uma determinada música está adequada ou não a um determinado ambiente. Após realizar esse *crowdshaping*, todas as músicas atreladas a um mesmo contexto são identificadas e médias ponderadas de suas valências e energias, formam o par ordenado que define o centro representativo desse contexto. O fator de ponderação utilizado é a diferença entre a quantidade de *feedbacks* positivos e negativos para a referida música tocando no contexto considerado. A partir desse par ordenado o sistema define um círculo no espaço, que será considerado o cluster referente àquele contexto. Considerando os pontos $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ como os pontos de *matching* entre música e contexto para os quais a quantidade de votos positivos foi maior que a de votos negativos, e que esses pontos estão contidos no plano de energia e valência e identificados por $P_1 (e_1, v_1), P_2 (e_2, v_2), P_3 (e_3, v_3) \dots P_n (e_n, v_n)$, o centro de um cluster $C_c (e_c, v_c)$ é igual ao centro de massa desses pontos. Esse cálculo é realizado da seguinte forma:

$$e_c = \frac{\sum_1^n d_n e_n}{\sum_1^n d_n}, v_c = \frac{\sum_1^n d_n v_n}{\sum_1^n d_n}$$

Nessa fórmula, d_n é o *delta* entre a quantidade de avaliações positivas e negativas para o *matching* entre música e contexto. O trecho do código onde é feita essa lógica pode ser visto abaixo.


```

1  public static Ponto getPontoMedio(List<Combination> combinacoes) {
2      Ponto ponto = new Ponto();
3      float somatorioEnergia = 0;
4      float somatorioValencia = 0;
5      int somatorioDeltas = 0;
6
7      for (Combination comb : combinacoes) {
8          LOGGER.info(comb);
9          int delta = comb.getLegal() - comb.getAbsurdo();
10         somatorioDeltas += delta;
11         somatorioEnergia += comb.getEnergia() * delta;
12         somatorioValencia += comb.getValencia() * delta;
13     }
14
15     ponto.setEnergia(somatorioEnergia / somatorioDeltas);
16     ponto.setValencia(somatorioValencia / somatorioDeltas);
17
18     return ponto;
19 }
20

```

Figura 9 - Código para a geração de clusters através da média ponderada entre os pares P(e,v) das músicas.

Considerando que as faixas de energia e valência variam de 0 a 1, foi considerado que um raio de 0,5 para esse círculo seria satisfatório para representar uma emoção. Sendo assim, cada contexto é representado por um cluster, que considera apenas as músicas que estejam dentro de seu círculo. Optou-se por não nomear esses clusters para não direcionar a interpretação da emoção representada. Nos casos em que a relação da música com o ambiente dividir a opinião dos ouvintes de forma relevante, o *delta* entre *feedbacks* positivos e negativos será pequeno, e possivelmente o cluster determinado não irá abranger seu par ordenado. Entretanto, em uma base extensa de músicas e *feedbacks*, essas músicas excluídas terão grandes chances de estarem compreendidas em outro cluster no qual possuam maior aceitação. Esse processo de criação de clusters permite que uma nova música tenha uma classificação inicial automática quando inserida na base. Após ter sua posição no plano valência/energia determinada, a música adotara as mesmas regras aplicadas para o cluster em que estiver inserida. Caso posteriormente essa música seja mal avaliada nesse cluster ao ponto de seus *feedbacks* negativos se tornarem maiores que os positivos, a música será desconsiderada nesse contexto.

Entretanto, sua reprodução em outros clusters em que sua avaliação seja positiva está tão assegurada quanto maior for a base de músicas e *feedbacks* do sistema. Abaixo, pode ser visto um exemplo da criação de um cluster a partir da média ponderada da posição das músicas originais.

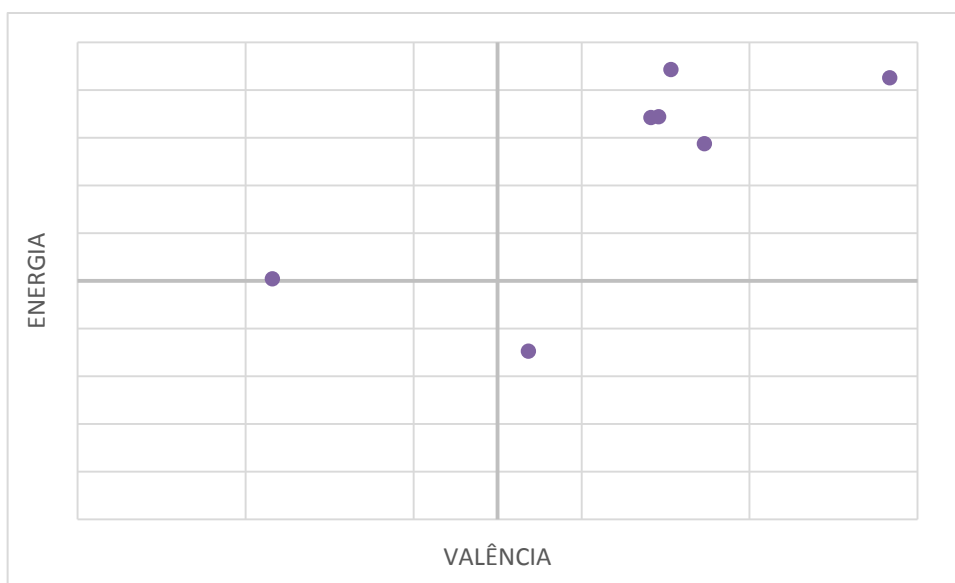


Figura 10 - Localização das músicas originais relacionadas a um dado contexto.

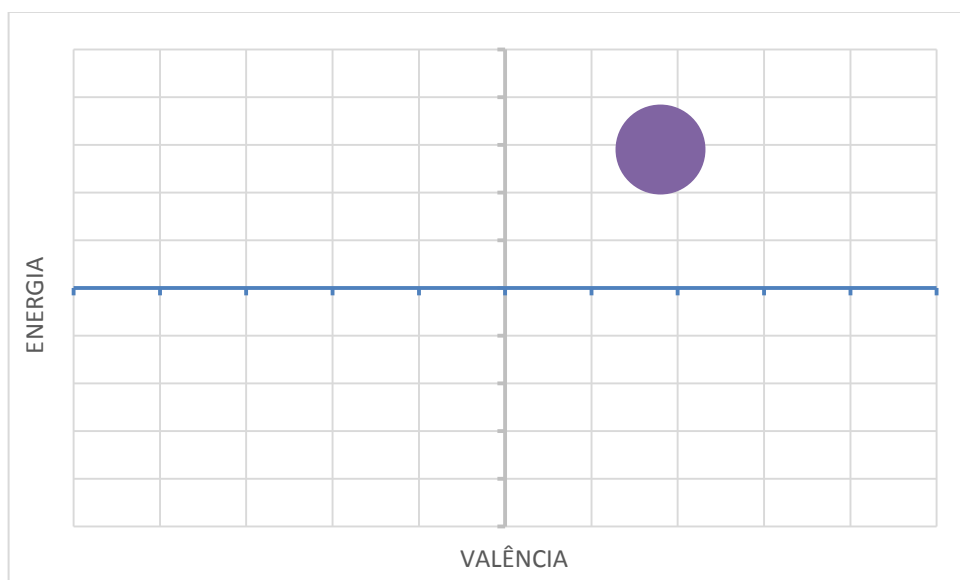


Figura 11 - Cluster gerado pelos pontos mostrados na figura 10.

O diagrama de blocos a seguir ilustra de forma simplificada o processo de *matching* e sugestão de músicas.

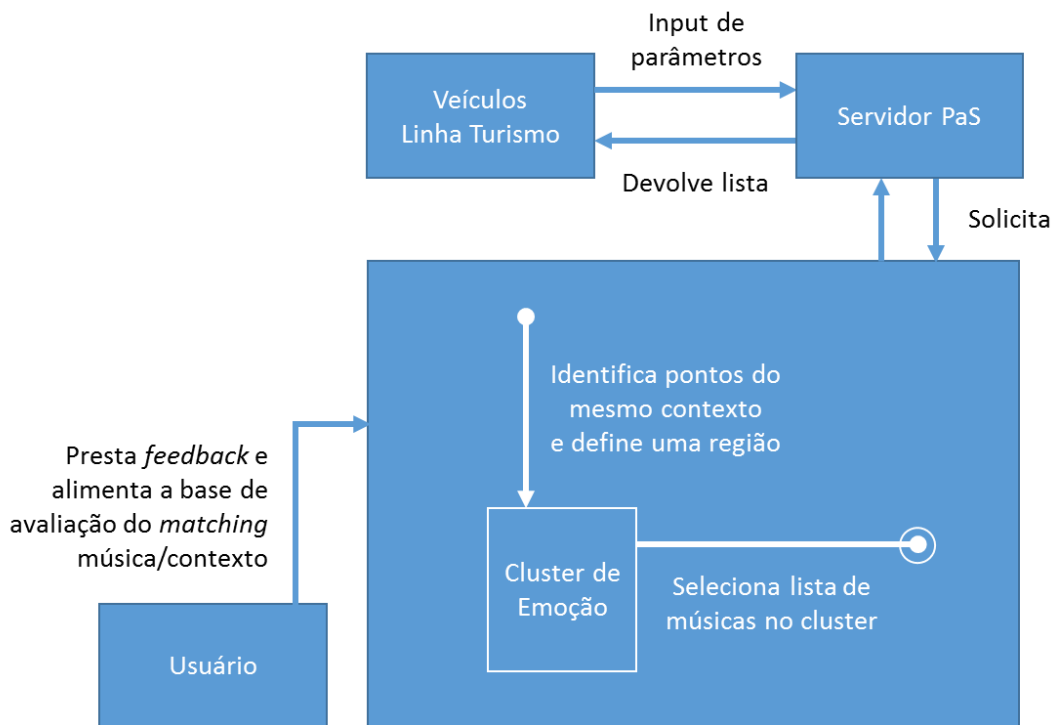


Figura 12 - Diagrama de Blocos para a criação de clusters e seleção das músicas para um contexto.

3.2 Prova de Conceito

Atualmente, os *websites* gerados no domínio musikais.com são a fonte de *crowdshaping* que alimenta o sistema. Aplicações *web* desenvolvidas em HTML5, CSS3 e AngularJS foram disponibilizadas nos endereços musikais.com e curitiba.musikais.com para que internautas comuns, usuários do sistema ou não, possam indicar se uma música combina ou não com determinado ambiente. Os dois *websites* funcionam da mesma forma, mas o acervo de áudio do segundo é composto apenas por artistas curitibanos de diversos estilos, alguns renomados e outros ainda buscando seu espaço no cenário cultural da cidade. Ao acessar as aplicações, o usuário visualiza um cenário selecionado randomicamente, e uma música também randômica é executada. Uma pergunta no centro da tela questiona se o cenário apresentado combina ou não com essa música, e oferece uma resposta afirmativa ou negativa. Ao selecionar uma resposta, o usuário alimenta o banco de dados com sua opinião sobre o *matching* entre o conjunto de parâmetros do ambiente da imagem e a música sendo executada.



Figura 13 - Musikais.com com um ambiente parametrizado por Noite / Nublado / Histórico



Figura 14 - Musikais.com com um ambiente parametrizado por Manhã / Ensolarado / Natureza

Como explicado na seção 3.1.3, esses *feedbacks* gerados pelas aplicações *web* possuem papel fundamental na criação do mapa inicial de emoções no plano de valência/energia. Outro fator importante no desenvolvimento da prova de conceito foi a divulgação desses canais. A página [facebook.com/musikais](https://www.facebook.com/musikais) foi criada com uma breve explicação da proposta do sistema e incentivando a participação dos usuários no jogo de “Legal ou Absurdo”. Foi a partir do *feedback* prestado pelos usuários nesse jogo que se tornou possível formar uma base de dados para a prova de conceito. Um diagrama da arquitetura do sistema de forma simplificada pode ser visto abaixo.

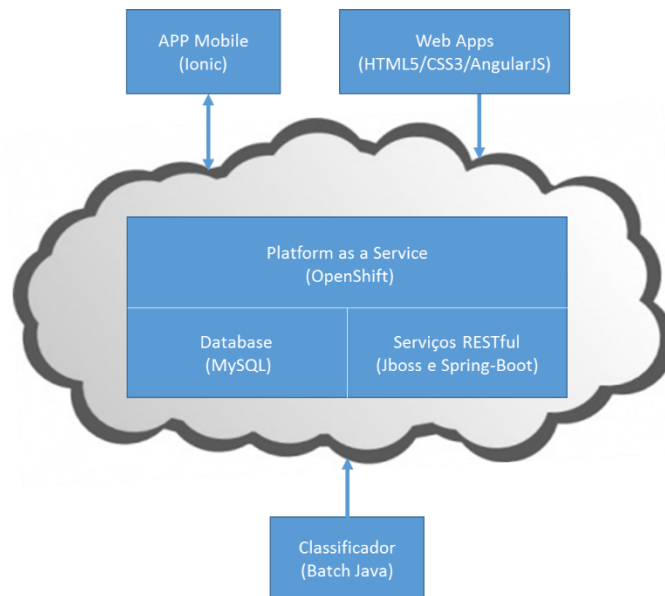


Figura 15 - Diagrama da arquitetura simplificada do sistema

Em relação ao desenvolvimento da aplicação cliente, buscou-se um modelo de desenvolvimento que pudesse suportar as plataformas Android e iOS concomitantemente. Também era desejado desenvolver o projeto com alta compatibilidade entre diferentes versões desses sistemas, possivelmente através de um *framework* comum. O conjunto de APIs para dispositivos móveis Apache Cordova cumpre essa função, facilitando a interação com diversos recursos típicos desses *devices*. Ele permite o desenvolvimento de códigos em CSS, HTML e JavaScript, para posterior conversão nas linguagens nativas desejadas. Dois *frameworks* baseados em Apache Cordova foram identificados: o PhoneGap e o Ionic. O PhoneGap foi adotado num primeiro momento, mas passou a apresentar problemas de compatibilidade no tráfego de dados entre o notebook utilizado no desenvolvimento (um MacBook PRO com sistema operacional OS X Yosemite) e o dispositivo final utilizado para testes (um Samsung Galaxy A3). O desenvolvimento foi então migrado para o *framework* Ionic, e assim seguiu sem novos empecilhos. Em seu estágio final para a prova de conceito, a aplicação para os ônibus da Linha Turismo se mostra funcional, e apresenta a música reproduzida com informações básicas como nome e artista, um mapa indicando a posição atual do ônibus e as regiões compreendidas pelos pontos turísticos, e um conjunto de configurações do aplicativo. Para o mapa, o aplicativo interage com a API do Google Maps. As telas do aplicativo desenvolvido podem ser vistas abaixo:

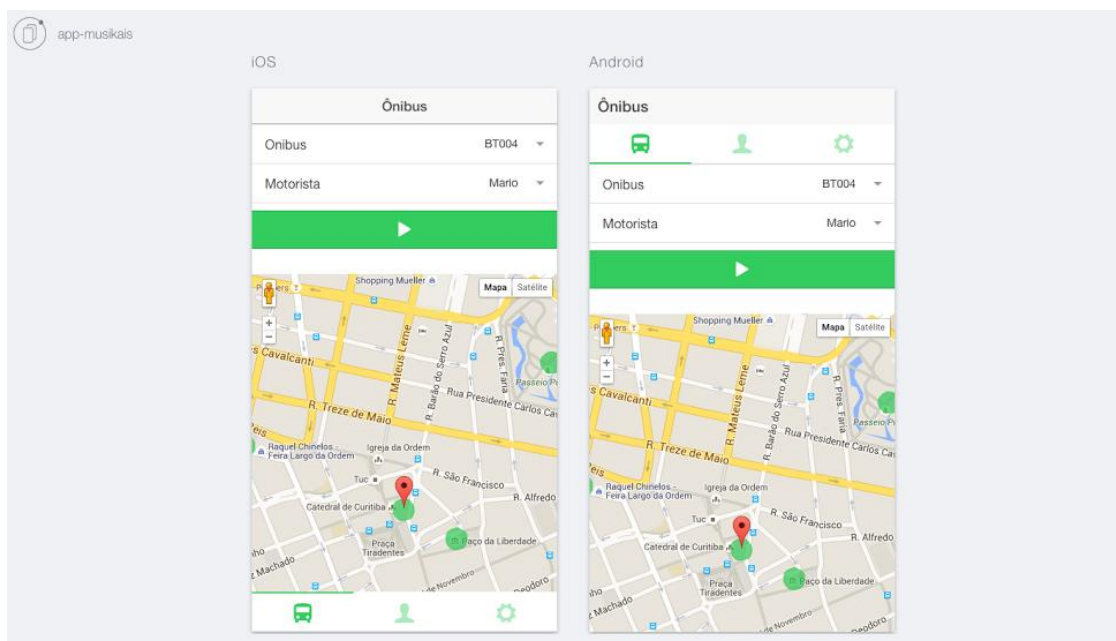


Figura 16 - Tela do motorista com localização e requisição da lista de músicas

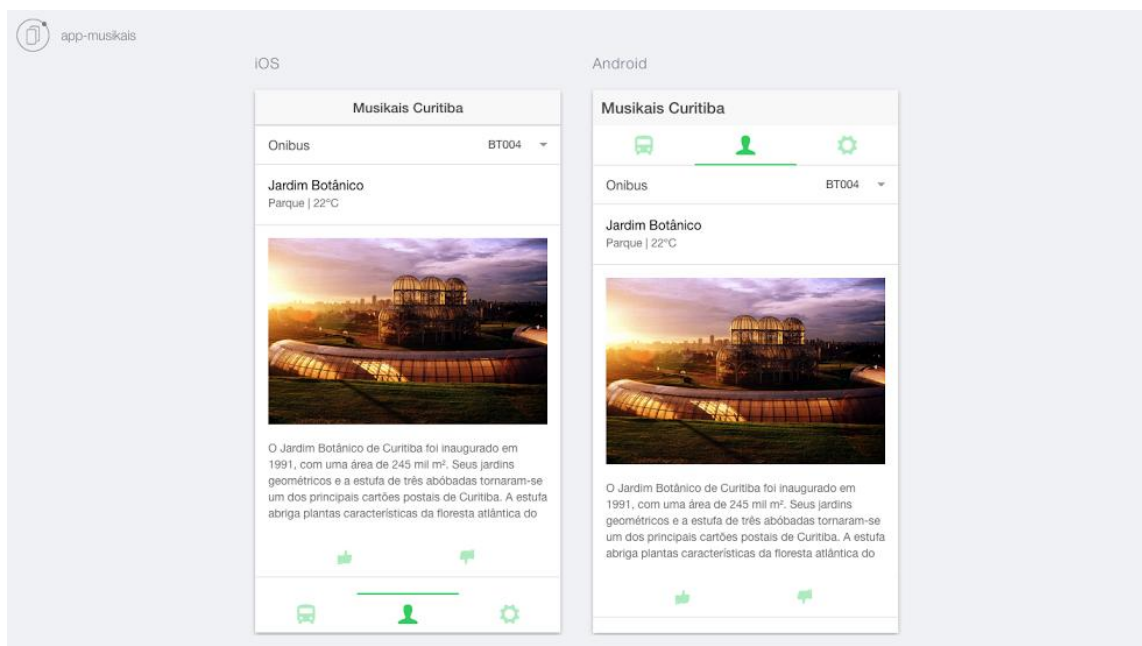


Figura 17 - Tela dos passageiros com informações e botões de *feedback*

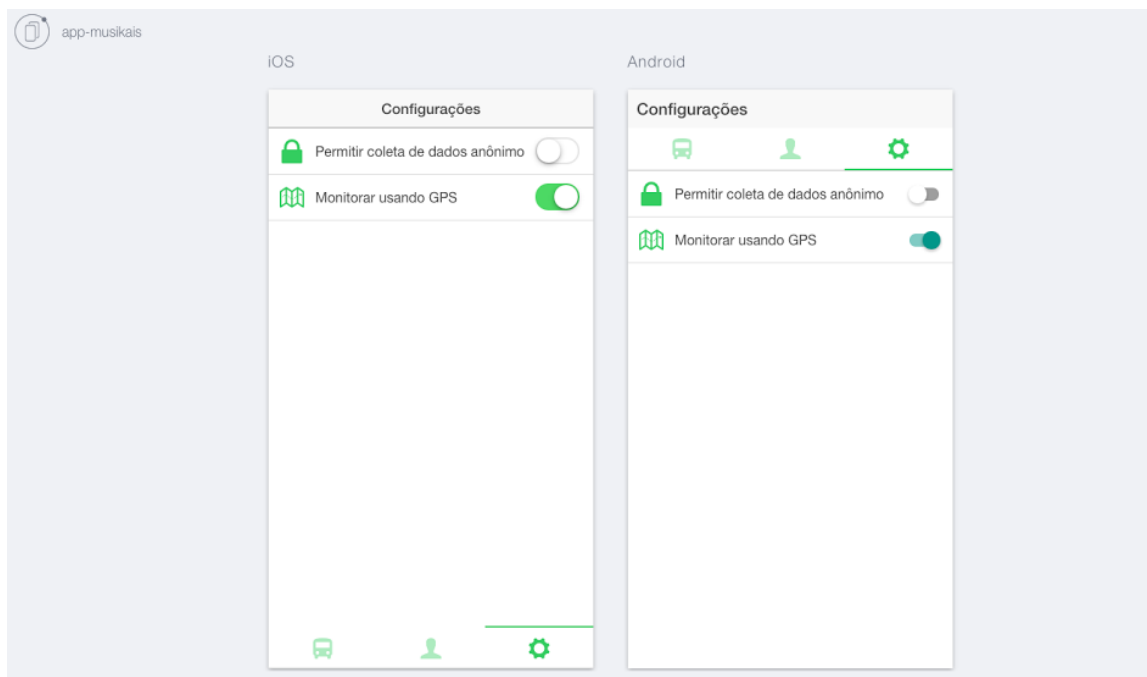


Figura 18 - Tela de configurações do aplicativo

Já a lista de músicas a serem reproduzidas é solicitada ao servidor central, alocado na nuvem através do serviço PaaS OpenShift, da Red Hat. Nesse mesmo servidor se encontra a base de dados MySQL com as músicas e todas as demais informações resultantes do *crowdshaping* e do *matching* entre músicas e contextos. O classificador de músicas responsável por interagir com a API do The Echo Nest foi desenvolvido em Java e segue um modelo de atualização em *batch*, podendo ser executado a partir de qualquer dispositivo compatível. Por fim, todos os serviços envolvidos no processo de *matching* são do tipo RESTful, desenvolvidos através do *framework* Spring-Boot, e rodam em um servidor JBOSS também provido pelo PaaS OpenShift. Para um desses serviços, o de consulta das condições climáticas na localização do usuário, foi utilizado o provedor de informações de clima gratuito OpenWeather. Abaixo é apresentado o diagrama de classe do sistema desenvolvido para a prova de conceito:

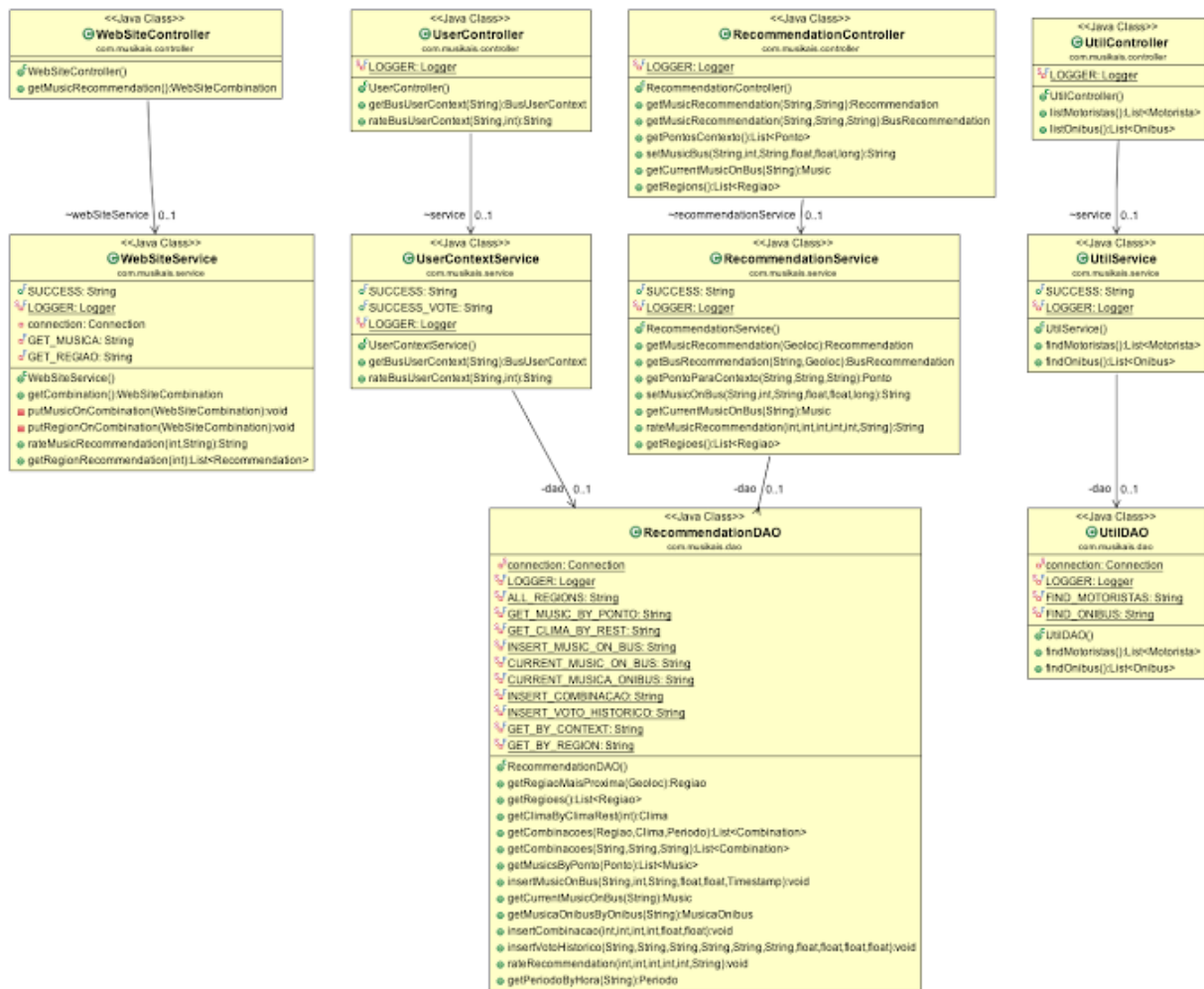


Figura 19 - Diagrama de classes da prova de conceito

3.3 Resultado da Prova de Conceito

Lançada em 11 de maio de 2015, a página facebook.com/musikais completou 2 meses no ar até a análise dos resultados desse trabalho, e foi exibida para um total de 928 usuários. A partir dessa exposição, foram contabilizados 1249 *feedbacks* oriundos do musikais.com, permitindo que 42 músicas fossem classificadas em 16 contextos diferentes. A aplicação curitiba.musikais.com foi lançada posteriormente, e devido ao menor tempo de exposição, contabilizou um número reduzido de *feedbacks*. Optou-se por aplicar a classificação automática nas músicas dessa base regional. Os gráficos abaixo permitem observar a condição inicial e final dos processos de classificação e *matching*.

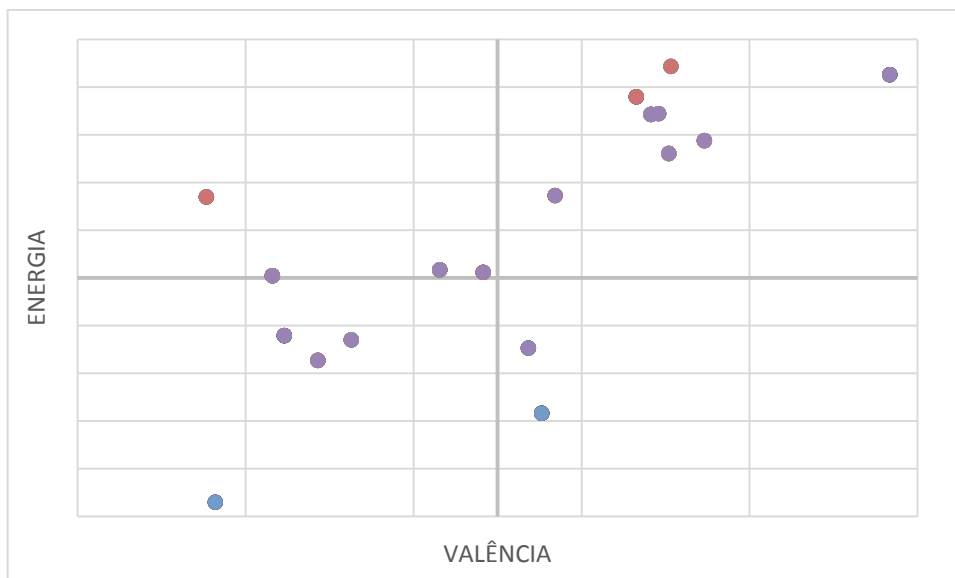


Figura 20 – Localização de todas as músicas originais da base

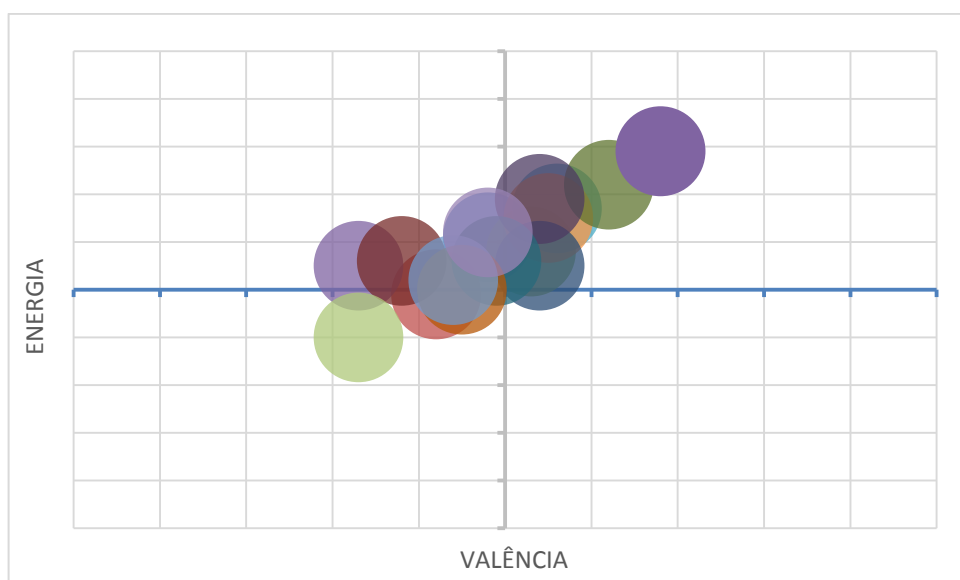


Figura 21 - Clusters gerados por todos os contextos avaliados

Foram formados 158 *matchings* música x contexto. Agrupados por contexto e aplicada a média ponderada pelo grau de satisfação de cada combinação, foram formados os 16 clusters apresentados na figura 20. Pode-se perceber uma discrepância nas percepções pessoais para as combinações música x contexto. Muitos desses pares tiveram avaliações positivas e negativas em quantidade muito próxima, colocando em dúvida o julgamento final sobre a validade de um *matching*. Mesmo nos casos em que houve uma diferença maior entre o número de avaliações positivas e negativas, é preciso considerar que, matematicamente, os *gaps* de

avaliação ainda são pequenos para influenciar significativamente na ponderação das médias. A melhor avaliação atingiu uma diferença de 8 entre avaliações positivas e negativas, enquanto a pior avaliação apresentou uma diferença de 1 ponto. Essas diferenças não são consideradas relevantes o suficiente para influenciar significativamente a ponderação no processo de criação dos clusters. Como resultado, houve uma concentração dos clusters na região central do plano. Considerando uma aplicação prática, clusters muito próximos representam pouca diferença de percepção entre as emoções proporcionadas pelas músicas em diferentes contextos, resultando em uma baixa percepção de valor agregado pelo sistema. Com uma base maior de avaliações dos usuários e uma maior ordem de grandeza nas diferenças entre avaliações positivas e negativas, esse posicionamento centralizado dos clusters não seria tão comum. Eles seriam posicionados na região próxima às músicas que proporcionaram uma aceitação maior dos usuários, garantindo a diferença de percepção no perfil das músicas e demonstrando o real valor da solução.

Foi percebido também que o uso de imagens estáticas no canal de *feedback* dos usuários pode prejudicar a percepção e torná-la muitas vezes ambígua ou confusa. Foi comum perceber dificuldades dos usuários em definir qual era a situação climática ou o período do dia representado em uma imagem. Acredita-se que o uso da aplicação durante a experiência real de contato com o contexto, como ao passar por um parque em um dia de sol ou trafegar pelo centro caótico de uma cidade, pode tornar a percepção de compatibilidade entre música e contexto muito mais assertiva e coerente entre os usuários. A dispersão nos *feedbacks* motivada por diferentes percepções de contexto deve diminuir, deixando maior espaço para a influência da percepção emocional no julgamento de cada usuário.

Quanto à classificação das músicas, o processo adotado é compatível com os estudos em MIR e o reconhecido e amplamente utilizado modelo dimensional baseado em energia e valência. O tamanho dos clusters no espaço tem influência direta sobre a qualidade da classificação, e entende-se que o valor utilizado nesse trabalho para definir essas regiões foi alto, compensando assim a alta dispersão resultante de uma baixa quantidade de músicas no espaço. Entretanto, é sabido que quanto menor forem os clusters e quanto maior for a base de músicas, mais específica será a classificação emocional do sistema.

Em termos técnicos, as escolhas definidas pelo projeto se mostraram satisfatórias, à exceção das dificuldades com o primeiro framework para desenvolvimento da aplicação móvel, que acabou exigindo retrabalho e impactando o cronograma. Todos os recursos utilizados estavam disponíveis sem custos, e as eventuais limitações decorrentes disso não impactaram a solução. O desempenho do processo em termos de velocidade foi impactado quando usado em redes 3G, demorando um tempo considerável pra iniciar a reprodução das músicas. Isso ocorreu tanto pela qualidade oscilante do sinal de 3G disponível quanto pelo *streaming* não otimizado de áudio. Em uma eventual implementação em um sistema de transporte público, a solução definida pode adotar modelos de contingência, principalmente ao considerar uma base de músicas local carregada no dispositivo dos ônibus. Os fatores determinantes na eficiência do sistema em termos de classificação e seleção das listas foi o volume e qualidade do *crowdshaping* realizado. Com maior divulgação e com mais canais para *feedback*, principalmente aqueles que permitam que ele seja realizado em contato direto com o contexto em questão, a eficiência e o valor agregado do sistema aumentam consideravelmente.

Apesar de estar fora do escopo da prova de conceito, a aplicação para usuário final foi desenvolvida em paralelo e segue os mesmos preceitos de tecnologia testados nesse trabalho. Ela funciona em conjunto com o sistema para veículos, tendo portando função informativa e de *feedback*. Para que se tornasse um *player* completo e fosse utilizada por usuários finais, como em uma caminhada pela cidade, bastaria adicionar a capacidade do streaming de áudio. Tecnicamente simples, esse desenvolvimento se torna complexo apenas devido a questões burocráticas envolvendo a base de músicas e direitos autorais.

4. CONCLUSÃO

A prova de conceito cumpriu seu objetivo de demonstrar o potencial do modelo e a coerência do processo. Um sistema de classificação automática de músicas em emoções foi apresentado e testado, sendo uma opção para continuidade de projetos que envolvam a interpretação emocional de músicas. O comportamento dinâmico do sistema ao sugerir listas diferentes para contextos diferentes também foi demonstrado na prova de conceito, e pode ser reproduzida com os códigos disponibilizados. As aplicações criadas para os ônibus e para os usuários também foram suficientes para demonstrar o sistema e podem servir de base para aplicações mais robustas em um eventual produto final. A paixão pela música, e o desejo de desenvolver um projeto inovador eram comuns entre os autores desse projeto. Também, o momento profissional de ambos trazia um forte desejo de aplicações práticas, adequadas com o mercado, e de viés empreendedor. A necessidade da Prefeitura de Curitiba foi a motivação ideal para unir todos esses fatores. As discussões iniciais demonstraram inúmeras possíveis implementações do sistema, principalmente com finalidades culturais e de entretenimento. A riqueza da proposta foi reforçada quando, durante a elaboração desse trabalho, o projeto foi inscrito e aprovado para o programa de pré-aceleração de *startups* da PUC-PR. Essa experiência de 6 meses permitiu agregar novas visões sobre o projeto e moldá-lo de acordo com as melhores práticas de empreendedorismo. Apesar de não ter se desvinculado da sua motivação inicial focada em transporte público, o projeto pode ser adaptado para que atenda uma gama muito maior de aplicações, e inclusive permitindo sua evolução para um produto comercial. Do ponto de vista de gestão de projeto, um cuidado maior deveria ter sido tomado com os prazos. Apesar do impacto de dificuldades técnicas na aplicação móvel e na busca por uma API de classificação musical satisfatória, um replanejamento melhor poderia ter sido feito e permitido maior esforço na divulgação dos canais *web*, e conseqüentemente, uma riqueza maior de *feedbacks*. Também, não foi aproveitada a oportunidade de realizar avaliações parciais e pré-bancas, que certamente permitiriam enriquecer ainda mais a qualidade do documento final. Apesar disso, ao revisitar os objetivos traçados percebe-se que o projeto obteve sucesso, e que o planejamento, a metodologia escolhida e a prova de conceito realizada foram suficientes para apontar um caminho sólido no desenvolvimento de um sistema completo e inovador de

identidade sonora para o transporte público de Curitiba. A gama de conhecimentos técnicos aplicados nesse trabalho permitiu retomar e fortalecer diversos conhecimentos adquiridos durante o curso, aplicando-os em uma solução totalmente compatível com a realidade e com o compromisso da tecnologia como ferramenta de bem-estar para a sociedade. Sendo assim, estamos satisfeitos com o resultado, e seguros da contribuição deste projeto para qualquer estudo aprofundado de mestrado relacionada ao uso de música influenciada por contexto.

5. REFERÊNCIAS

GAZETA DO POVO (2007). *Música em ônibus pode render multa à prefeitura de Curitiba*. Disponível através do link <http://www.gazetadopovo.com.br/vidaecidadania/conteudo.phtml?id=706863>. Acessado em 13/07/2015.

BRUSCIA, K. E. (2000). *Definindo Musicoterapia* (p. 126). 2ª ed. Rio de Janeiro: Enelivros.

GAZETA DO POVO (2013). *A vocação de Curitiba para turismo de negócios*. Disponível através do link <http://www.gazetadopovo.com.br/opiniao/conteudo.phtml?id=1377885&tit=A-vocacao-de-Curitiba-para-turismo-de-negocios>. Acessado em 13/07/2014.

GAZETA DO POVO (2011). *Itinerário*. Disponível através do link <http://reclamando.com.br/?system=news&action=read&id=23962&eid=142>. Acessado em 17/07/2015.

PREFEITURA DE CURITIBA (2015). *Linha Turismo*. Disponível através do link <http://www.curitiba.pr.gov.br/idioma/portugues/linhaturismo>. Acessado em 17/07/2015.

INSTITUTO MUNICIPAL DE TURISMO (2013). *Projeto de Pesquisa Linha Turismo 2013*. Prefeitura de Curitiba. Elaborado por Marcelo Hidemi Uemura e Maykel Fogaça de Oliveira.

TRENDWATCHING (2014). *7 consumer trends to run with in 2014*. Disponível através do link <http://trendwatching.com/trends/7trends2014>. Acessado em 13/07/2015.

AMDOCS (2013). *Amdocs Survey: Consumers Will Share Personal Data...at a Price*. Disponível através do link <http://www.amdocs.com/news/pages/amdocs-personal-data-consumer-survey.aspx>. Acessado em 17/07/2017.

THE INTERNATIONALIST (2014). *Pepsi Bioreactive Concert at SXSW*. The Internationalist Awards for Innovative Digital Solutions 2014. Disponível através do link http://www.internationalist-awards.com/digital_2014/silver-Pepsi.html. Acessado em 18/07/17.

MONTGOMERY, A. and SMITH, M. (2008). *Prospects for Personalization on the Internet*. Heinz College Research, Carnegie Mellon University.

WAZE (2015). *Aplicativo de Geolocalização e Tráfego Baseado em Comunidade*. Disponível em <https://www.waze.com/pt-BR>. Acessado em 18/07/2015.

HU, Xiao (2010). *Music and Mood: Where Theory and Reality Meet*. Graduate School of Library and Information Science, University of Illinois at Urbana-Champaign.

SLOBODA, J. and JUSLIN, P. (2001) *Music and emotion: Theory and research* (p. 361-392). Oxford: Oxford University Press, 1st edition.

JUSLIN, P. and VÄSTFJÄLL, D. (2008). *Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms*. Behavioral and Brain Sciences 31, 559 –621.

GABRIELSSON, A. (2002). *Emotion perceived and emotion felt: Same or different?* Musicae Scientiae (p. 123-147). Department of Psychology, Uppsala University, Sweden.

BLOOD, A. J., and ZATORRE, R. J. (2001). *Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion*. Proceedings of National Academy of Sciences n.98, (p. 11818-11823).

WITVLIET, C. V. and VRANA, S. R. (2007). *Psychophysiological responses as indices of affective dimensions*. Psychophysiology, Volume 32, Issue 5 (p. 436–443).

LUNDQVIST, L. and CARLSSON, F. and HILMERSSON, P. and JUSLIN, P. N. (2009). *Emotional Responses to Music: Experience, Expression, and Physiology*. Psychology of Music n.37 (p. 61-90).

JUSLIN, P. N. (2011). *Music and emotion: Seven questions, seven answers*. Music and the mind: Essays in honour of John Sloboda (pp. 113-135), New York: Oxford University Press.

CARRASCO, N. (2005). *A Infância Muda: A Música nos Primórdios do Cinema*. Departamento de Música da UNICAMP e Departamento de Cinema e Rádio e Televisão da Escola de Comunicações e Artes da USP.

HEVNER, K. (1936). *Experimental studies of the elements of expression in music*. American Journal of Psychology n.48 (p. 246-68).

RUSSELL, J. A. (1980). *A circumplex model of affect*. Journal of Personality and Social Psychology n.39 (p. 1161-1178).

SPOTIFY (2014). *Spotify Acquires The Echo Nest*. Spotify Latest News. Disponível através do link <https://press.spotify.com/br/2014/03/06/spotify-acquires-the-echo-nest>. Acessado em 18/07/2015.

MUSICCOVERY (2015). *About Us: How does the relationship between mood and music work?* Disponível através do link <http://musiccovery.com/aboutus/aboutus.html>. Acessado em 18/07/2015.

SPRUYT, V. (2014) *Mood for Music: Emotion Recognition on Acoustic Features*. Sentiance Blog. Disponível através do link <http://www.sentiance.com/blog/mood-music-emotion-recognition-acoustic-features>. Acessado em 18/07/2015.