

# Vulcanus: A Recommender System for Accessibility based on Trails

Ismael Gomes Cardoso,  
Bruno Mota,  
Jorge Luis Victória Barbosa,  
Rodrigo da Rosa Righi  
Applied Computing Graduate Program - Unisinos  
Av. Unisinos, 950 – São Leopoldo, RS, Brazil

Email: ismaelcardoso@yahoo.com.br, brunomota55@gmail.com, jbarbosa@unisinos.br, rrrighi@unisinos.br

**Keywords**—*Recommender System, Accessibility, Trails, Similarity's Analysis, Context Awareness.*

**Resumo**—The use of recommender systems is widespread in several everyday systems. People are now exposed to different offerings, based on their interests, in order to anticipate decisions. However, in a different way recommender systems for accessibility domain require further studies and researches. In order to provide resources for people with special needs, we developed the Vulcanus, a recommender system designed for people with disabilities, offering access to resources according user's needs. The recommender system approaches concepts from ubiquitous computing, such as user profiles, context awareness, trails management, and similarity analysis. Vulcanus uses two different approaches: resources patterns and categories patterns; where different systems can use it, for example as a Web Service. Vulcanus was evaluated in different scenarios. These scenarios used more than 800 thousands of trails that simulate wheelchair users using resources along six months. The obtained results show that both approaches are able to provide relevant recommendations, providing resources that in fact can support users' needs.

## I. INTRODUÇÃO

A tecnologia se encontra na era do *big data* [1], onde a informação é abundante e até mesmo gerada em excessos. Pessoas utilizam uma variedade de estratégias para a tomada de decisões cotidianas sobre o que comprar, como aproveitar melhor o tempo livre, e até mesmo com quem namorar. Sistemas de recomendação (SRs) surgem como um meio de automatizar algumas dessas estratégias, possuindo o intuito de fornecer recomendações acessíveis, personalizadas e de alta qualidade e precisão [2].

Tanto os sistemas de recomendação quanto a Computação Ubíqua [3] possuem um objetivo comum, o de se manter “transparente” e invisível ao usuário, que acaba interagindo com o sistema de forma natural e envolvente. A computação ubíqua trata de estudar técnicas que visam a integração de tecnologias com o dia-a-dia das pessoas, sendo apontada como destino natural no qual a computação *desktop* tende a migrar, como descreve [4]. A computação ubíqua está cada vez mais difundida e acessível às diversas áreas como Logística [5], Educação [6], e Saúde [7]. Porém a Acessibilidade Ubíqua (*U-Accessibility*) é uma das áreas que carece de estudos e pesquisas que tragam soluções emergentes, como destaca [4]. De acordo com o raciocínio abordado em [4], seguindo

o comportamento da computação clássica, que agora migra de *desktop* para a computação ubíqua e em nuvem (*Cloud Computing*), deve-se quebrar paradigmas e buscar soluções que não somente “adaptem o computador à nossa frente”. Essa falta de pesquisas e soluções na área da acessibilidade traz à tona uma área vasta e em crescimento.

O uso de informações de histórico de usuários já é amplamente difundido em certas abordagens de sistemas de recomendação, como por exemplo a colaborativa. Com isso, é possível analisar essas informações e utilizá-las no intuito de estimar uma recomendação de itens. Esta análise pode ser feita com análise de similaridade, que mensura um índice de similaridade entre dois históricos de usuários. Informações sobre o histórico de contexto de usuários, também conhecido como trilhas [8], se diferem de um histórico comum pelo fato de estarem agrupados e organizados de forma cronológica, sendo analisado todo o conjunto, e não só cada elemento do histórico.

Baseado nesse contexto, este trabalho apresenta um sistema de recomendação voltado para acessibilidade, chamado de Vulcanus, que através de análise de similaridade de trilhas, realiza recomendações de recursos de acessibilidade ao usuário, considerando informações de contexto e perfil do usuário. O Vulcanus considera análise de similaridade de trilhas [9] [8], informações de contexto [10] [11], e perfis de usuários [12]; na recomendação de recursos que oferecem acessibilidade ao usuário. Estes recursos são estimados como os mais prováveis do usuário possuir interesse, conforme a similaridade entre a trilha de recursos que o usuário esta gerando e as trilhas já realizadas pela comunidade com mesma deficiência. Ainda, o Vulcanus pode ser integrado com diversos projetos que visam promover a acessibilidade às pessoas, como no caso do projeto Hefestos [13]. O sistema é capaz de recomendar recursos que oferecem serviços de acessibilidade para qualquer tipo de deficiência do usuário, seja ela física ou mental.

Apesar do Vulcanus ser genérico e conseguir abranger variadas deficiências, o protótipo do Vulcanus foi desenvolvido exclusivamente para a deficiência motora, visto que o mapeamento de recursos com acessibilidade para locomoção possui uma comunidade aberta que se mantém atualizada [14]. A utilização de recursos reais tem como objetivo difundir a acessibilidade para os usuários, oferecendo recursos utilizados por outros usuários com a mesma deficiência e em contextos

similares. Para simular trilhas realizadas pela comunidade, e que são utilizadas na análise de similaridade, foi implementado um simulador de trilhas que, a partir de diferentes perfis de usuário, realiza a utilização de recursos com base numa distribuição probabilística. Os dados gerados simularam trilhas de 300 usuários cadeirantes, com 3 diferentes perfis, ao longo de um período de 6 meses. Já para a análise de similaridade de trilhas, foram utilizadas duas abordagens, uma que aborda trilhas de recursos utilizados, enquanto que a outra avalia a trilha das categorias dos recursos que compõem a trilha.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

Como já foi mencionado anteriormente, o uso de sistemas de recomendação no ramo da acessibilidade ainda carece de estudos, porém foram selecionados trabalhos que possuem relação com o Vulcanus. De fato, não foi encontrado nenhum trabalho que proponha solucionar a falta de SRs para acessibilidade, apesar de existirem diversos estudos que poderiam utilizar um SR para aprimorar a promoção da acessibilidade.

Os trabalhos relacionados foram selecionados por possuírem algum tipo de SR desenvolvido no estudo, e também por serem voltados para PCDs e/ou idosos, atingindo assim pessoas com necessidades especiais. Os trabalhos foram avaliados quanto à classificação do SR utilizado, suporte a usuários, utilização de perfis de usuário, utilização de contextos, utilização de histórico ou trilhas, e utilização de análise de similaridade.

### A. Recomendação de Planos de Viagens para Idosos

O estudo apresentado em [15] propõe um sistema de recomendação de viagens, exclusivo pra pessoas idosas, que geralmente possuem restrições de capacidade e de saúde. O trabalho trás essa solução visto que os serviços de viagens atuais não consideram estas restrições. O objetivo do trabalho consiste em utilizar *Web* semântica para realizar um levantamento completo sobre as restrições e preferências de um grupo de usuários. No trabalho é apresentado um método de colaboração entre requisição, perfil e modelos de turismo para elaborar a recomendação, que permite selecionar o plano de viagem conforme a capacidade do grupo.

Focando no SR, o seu objetivo é de filtrar, de forma inteligente, um conjunto de destinos, a fim de atender as preferências do grupo. Estas preferências podem ser obtidas no perfil de cada usuário, ou serem deduzidas a partir das suas consumações. O estudo distingue quatro abordagens de recomendação:

- **Abordagem Estereótipo:** Classifica os perfis de usuários numa lista de categorias. Cada categoria possui destinos próprios. Esta abordagem não é utilizada quando as categorias de perfil do usuário ou classes de destinos não estão definidas e numeradas.
- **Abordagem *Contains*:** Baseada no conteúdo do destino, os destinos já visitados pelos usuários são verificados, e assim propostos outros destinos similares. Esta abordagem é inviável quando um novo perfil de usuário é criado, pois o mesmo não possui informação de histórico prévia.
- **Abordagem Colaborativa:** Nesta abordagem é utilizado o histórico de usuários e suas avaliações, para

então realizar o cálculo do *nearest user* e assim gerar a recomendação, baseando-se no histórico da comunidade de usuários. Assim como na abordagem *Contains*, quando não há histórico, esta abordagem não pode ser utilizada.

- **Abordagem no Conhecimento:** Consiste em determinar a combinação entre destinos e usuários. Conhecimento pode ser definido (A) Matematicamente, através de máquinas de aprendizado, redes neurais, entre outros; ou (B) Implicitamente, através de motores de raciocínio, como tecnologia *Web* semântica.

O SR deste trabalho utiliza o histórico de viagens já realizadas por cada usuário, recomendando assim outros destinos que possuem aspectos semelhantes com os já visitados. Neste caso, os serviços são os itens oferecidos, enquanto que a capacidade do usuário é um parâmetro do filtro. Os perfis de usuário, juntamente com as ontologias de turismo dão ao SR as informações necessárias. A aplicação ainda não foi avaliada, mas esta avaliação será realizada em trabalhos futuros.

### B. SOLVE-D

O SOLVE-D [16] é um *framework* de recomendação de serviços personalizados, sensível ao contexto, para PCDs em ambientes domésticos inteligentes (*Smart home environment*). Assim como o estudo de [15], o SOLVE-D utiliza ontologia para a representação dos seus dados, dividindo-a em três módulos principais:

- ***Generic Service Ontology* (GS-ONT):** Responsável pela ontologia dos serviços domésticos padrão. É construído através do conhecimento nos manuais de cada serviço, fornecido pelos fabricantes; e de entrevistas com os desenvolvedores. Esta ontologia possui vários conceitos relacionados ao processo padrão desses serviços domésticos. Estes serviços são, por exemplo, máquina de lavar, geladeira, ar condicionado, entre outros.
- ***Personalized Service Ontology* (PS-ONT):** Esta ontologia é gerada para a recomendação de serviços personalizados, um vez que o GS-ONT possui dificuldades em recomendar serviços baseando-se no comportamento ou preferência do usuário. Se o usuário modifica o processo padrão de um serviço, esta ação é considerada um sinal que reflete sua preferência, conduzindo a tarefa à um contexto específico. Portanto essa ontologia sofre mudanças conforme as alterações que a PCD realiza, alterando a recomendação dos processos de serviços.
- ***Service Context Ontology* (SC-ONT):** Representa as informações de contexto. Estas informações são obtidas no momento em que a PCD altera o processo padrão do serviço, customizando-o. Estes dados são coletados através de sensores nos serviços (peso de roupa suja dentro da máquina de lavar, temperatura no ambiente do ar condicionado, etc.), e também a partir de serviços externos, utilizando *Web Services* (horário, clima, temperatura, entre outros).

O módulo que gera as recomendações é chamado de *PSRM* (*Personalized Service Recommendation Module*). O módulo

**Procedure Finding optimal PS-ONT****Begin process**

```

i, j, k = 1;
for each PS-ONTi
  for each context data con(i,j)
    for each new context data con(new,k)
      if (con(i,j).EQ. con(new,k)) then
        SimVali = SimVali + 1;
      else k++;
    end for;
  j++;
end for;
i++;
end for;

```

PS-ONT<sub>opt</sub> = max (SimVal<sub>i</sub>);

**End process**

Figura 1. Algoritmo para busca de PS-ONT ótimo. [16]

realiza recomendações considerando o perfil do usuário e seu contexto. Com estas informações, o processo de operação do serviço que está mais adequado ao contexto é o modelo de serviço que será recomendado. A Figura 1 mostra o algoritmo de busca do processo personalizado na ontologia PS-ONT, onde cada contexto já armazenado é comparado com o atual, e o mais similar é então recomendado.

O estudo foi aplicado de forma prática, o *framework* desenvolvido foi implantado em eletrodomésticos, e um estudo de caso foi realizado. O caso de uso simulou uma pessoa cega com o objetivo de utilizar a máquina de lavar roupas. Alterando o processo padrão do serviço, foram estabelecidos novos parâmetros para a atividade, e o *framework* conseguiu se adequar à esta modificação, adicionando ela como um novo possível processo a ser recomendando, referenciando-se nas informações de contexto obtidas na situação.

### C. Projeto SAID

No projeto SAID (*Social Aid Interactive Development*) [17] é proposta uma ferramenta de interfaces personalizadas que permite o acesso à *Internet* para idosos. Partindo do pressuposto que a estrutura das páginas *web* é complexa e de que pessoas idosas sofrem dificuldades para acessar a informação, foi proposto o projeto SAID. O SAID possui o objetivo de diminuir a complexidade de páginas *web*. Uma premissa do estudo é adaptar as páginas *web*, conforme as preferências do usuário, facilitando assim o usuário a atingir seu objetivo de acessar determinada informação.

Neste trabalho são utilizados algoritmos de recomendação baseados em probabilidade, que estimam o objetivo do usuário, oferecendo-lhe a opção de consultá-lo rapidamente. Este algoritmo utiliza informações do usuário coletadas previamente e se adapta conforme o comportamento do usuário observado. As informações do *website* são organizadas com base na ontologia apresentada ao longo do estudo. A principal fonte de informação sobre os interesses de cada usuário é obtida através de questionários, preenchidos anteriormente a utilização do sistema SAID. Além das informações coletadas pelos questionários, são coletadas também a quantidade de vezes que o usuário selecionou um conceito específico, demonstrando

interesse nesta informação; e o tempo que o usuário gasta na página *web*, outro indício do interesse ou não do usuário no conteúdo.

O estudo compara a utilização do algoritmo de recomendação com redes bayesianas, porém no caso descrito, o uso das redes se torna inválido pelo fato de tratar subárvores de forma independente da árvore inteira. Portanto uma abordagem utilizando um SR fornece uma resposta otimizada para a previsão dos interesses do usuário, e assim recomendar itens que abordam o dado tema.

### D. Assistente para Modelagem de Usuários para Pessoas com Deficiências Motoras

O trabalho apresentado em [18] relata o desenvolvimento de um assistente de modelagem de usuários, específico para pessoas com deficiências motoras. O assistente é utilizado no intuito de obter um entendimento profundo dos padrões de interação entre usuários com deficiências motoras e dispositivos móveis, que levam à um modelo de usuário. Utilizando este modelo, é possível determinar parâmetros de configuração de uma aplicação, customizando-a especificamente para um usuário.

Tabela I. PARÂMETROS DO MODELO DE USUÁRIO. [18]

No.	Parâmetro	Descrição
P1	Dispositivo de Entrada preferível	Entrada por toque ou por interruptores
P2	Áreas alcançáveis	Áreas da tela onde o usuário consegue alcançar
P3	Tamanho mínimo dos elementos na GUI	Tamanho mínimo dos elementos da GUI para que o usuário consiga tocar
P4	Detecta <i>Touch-Down</i> ou <i>Touch-Up</i>	Interface detecta quando o dedo toca na tela ou foi suspenso
P5	Habilidade <i>Swipe</i> e <i>Pan</i>	Mede a habilidade de utilizar gestos <i>Swipe</i> e <i>Pan</i> no dispositivo móvel
P6	Número de interruptores	Define o número de interruptores que o usuário opera
P7	<i>Hold-Time</i>	Duração mínima do sinal de entrada
P8	<i>Lock-Time</i>	Período de tempo onde nenhuma entrada é realizada
P9	<i>Scan-Time</i>	Período de tempo após o qual o foco se move para o próximo elemento
P10	Habilidade para o toque	Avalia se o usuário é capaz de usar o toque como método de entrada

Utilizando uma abordagem baseada no contexto, o assistente utiliza algoritmos de recomendação para determinar parâmetros de configuração que definem a interação do usuário com dispositivos móveis. Os parâmetros determinados para a composição do modelo de usuário são descritos na Tabela I. Todos os parâmetros remetem à interação do usuário com o dispositivo, pois o modo de interação com a GUI varia de acordo com as deficiências motoras de cada usuário.

Segundo os testes realizados no estudo, foi comprovado que os parâmetros de configuração propostos pelo SR conseguem competir com os parâmetros gerados por consultor. Os próximos passos do estudo propõem o desenvolvimento de um modelo de adaptação que consiga transformar a representação visual conforme as habilidades do usuário. Além disso, é proposto um modelo de usuário em tempo de execução, que detecta desvios e os atualiza em tempo real.

### E. Análise Comparativa dos Trabalhos Relacionados

A Tabela II compara os trabalhos quanto à classificação do SR utilizado, suporte a usuários, utilização de perfis de usuário,

utilização de contextos, utilização de histórico ou trilhas, e utilização de análise de similaridade.

Quanto à classificação dos SRs de cada estudo, cada trabalho concentra-se num domínio específico, portanto diferentes tipos de SRs são esperados. Porém, podemos destacar o trabalho de [15], que utiliza uma abordagem híbrida, e assim não se limita em uma abordagem específica, possuindo mais recursos para gerar recomendações.

Tabela II. COMPARATIVO ENTRE OS TRABALHOS SELECIONADOS.

Atributo	Plano de Viagens para Idosos	SOLVED-D	Projeto SAID	Modelagem de Usuários PCDs
Classificação do SR utilizado	Híbrido (Colaborativo, Baseado no Conteúdo e Baseado no Conhecimento)	Baseado no Contexto	Baseado em Probabilidade	Baseado no Contexto
Suporte à usuários	Idosos	PCDs e idosos	Idosos	PCDs e idosos
Utilização de Contextos	Não	Sim	Sim	Sim
Utilização de Perfis de Usuário	Sim	Sim	Sim	Sim
Utilização de histórico ou trilhas	Somente histórico	Somente histórico	Nenhum	Nenhum
Utilização de análise de similaridade	Sim	Sim	Não	Não

Quanto ao suporte de usuários, os trabalhos [16] e [18] possuem abordagens amplas, dando suporte para PCDs, além de usuários idosos. Enquanto que [15] e [17] focam seus esforços especificamente nos idosos. De todos os trabalhos, o único que não faz uso de informações de contexto é [15]. Porém, assim como os demais, faz uso de perfis de usuário para a recomendação personalizada de itens.

No quesito trilhas, nenhum dos trabalhos realiza sua utilização. Os trabalhos [16] e [15] fazem a utilização de informações de histórico dos usuários, porém estas informações são apenas analisadas individualmente, e não de forma coletiva ou agrupadas, características estas que definem trilhas. No último quesito avaliado, os mesmos estudos [16] e [15] trazem análise de similaridade em seus SRs, comparando a semelhança de informações do usuário com outras informações armazenadas.

A partir desta análise, foi reconhecida a necessidade de um sistema de recomendação para acessibilidade que considere aspectos de contextos, perfis de usuário, trilhas e análise de similaridade. A fim de prover, a essas pessoas com necessidades especiais, recursos que forneçam acessibilidade e praticidade em seus cotidianos. O SR proposto utiliza uma abordagem híbrida, que utiliza de informações providas da comunidade, junto de informações dos próprios itens.

### III. MODELO DE RECOMENDAÇÃO VULCANUS

Neste trabalho é proposto o Vulcanus, um sistema de recomendação para acessibilidade, baseado na análise de similaridade de trilhas. O sistema considera a trilha de recursos que o usuário percorreu para realizar a recomendação de itens que outros usuários da comunidade utilizaram. Assim, o sistema promove a acessibilidade, pois destaca recursos que outros usuários utilizaram num contexto similar, recomendando-os. Foi usada uma abordagem onde se considera os recursos que a comunidade mais utiliza como unanimidade, isto é, a

opinião e interesses da comunidade são tidos como verdades absolutas, não abrangendo contextos onde, por exemplo, o usuário usa um recurso porém sua experiência é negativa. Deste modo, se infere que os recursos mais utilizados tendem a ser os mais úteis e que melhor ofertam ajuda à acessibilidade do usuário. As próximas seções apresentam os principais conceitos envolvidos no estudo e a proposta do Vulcanus.

#### A. Conceitos Envolvidos

Entre os principais conceitos que este trabalho utiliza estão: Perfil do Usuário (*Profile User*), que representa as pessoas que utilizam os recursos de acessibilidade; Contexto, onde são obtidas informações do contexto no qual o usuário se encontra, como por exemplo sua localização; Trilha, que é o histórico cronológico de itens que o usuário utilizou; Recursos, são os itens que oferecem algum tipo de acessibilidade ao usuário, descritos em duas categorias: genérico, que atende todos os tipos de deficiências; ou específico, que atende alguma(s) deficiência(s) em específico; Deficiências, que são as necessidades que cada usuário possui, conforme sua respectiva deficiência. Os itens abaixo relatam os conceitos utilizados e suas características.

- **Perfil do Usuário:** Representa as entidades que necessitam de recursos com acessibilidade. Pode ser uma PCD ou um idoso. O perfil contém informações sobre o usuário, como nome, idade, deficiência e dados de autenticação (*Login Data*). Estas informações são utilizadas pelo Vulcanus para realizar a recomendação. A informação de deficiência é imprescindível, pois os recursos recomendados tem relação direta com o tipo de deficiência que o usuário possui. Por exemplo, se o usuário possui alguma deficiência visual, itens que não prestam acessibilidade à este tipo de deficiência não devem ser recomendados, como é o caso de uma rampa de acesso. O usuário utiliza uma conta que contém todas estas informações, que são mantidas em um banco de dados.
- **Contexto:** Representa as informações de contexto no qual o usuário se encontra. O Vulcanus realiza a recomendação de recursos ao usuário, baseando-se nestas informações. Estas informações dizem respeito a localização, recursos utilizados, e a deficiência que o usuário possui. Dentre todas as trilhas geradas pela comunidade, a análise de similaridade encontra as trilhas mais relevantes de acordo com a trilha que o usuário está gerando. Recomendando ao usuário os recursos que subseguem nas trilhas da comunidade.
- **Trilha:** As trilhas representam os recursos que cada usuário consome ao longo do dia, mantendo assim um histórico cronológico da utilização de recursos, armazenando junto as informações de contexto no qual o usuário estava, no momento de uso dos recursos. Com estas informações cronológicas da trilha, o SR pode analisar a similaridade com as demais trilhas da comunidade que ocorreram num contexto similar. A partir disto, é possível realizar a recomendação de itens que prosseguem nas trilhas, inferindo-se informação com base na comunidade.

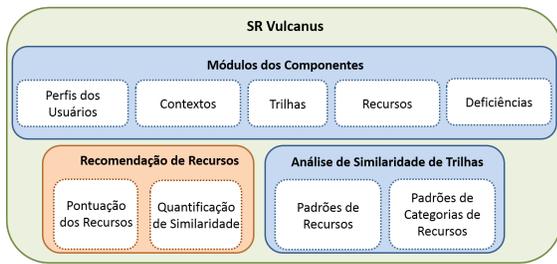


Figura 2. Modelo do Vulcanus.

- **Recursos:** Os recursos correspondem aos itens que o SR recomenda ao usuário. Os recursos podem ser genéricos ou específicos, ou seja, prestam acessibilidade para todas as deficiências, ou são específicos e prestam suporte para apenas algum tipo de deficiência. Por exemplo, uma vaga de estacionamento é um recurso acessível genérico, pois atende todas as deficiências. Já uma rampa de acesso, é um de recurso específico, pois atende somente usuários com deficiências motoras, não dando suporte às demais.
- **Deficiências:** Remetem as necessidade especiais que cada usuário possui. Possuem múltiplas classificações, podendo ser física, visual, auditiva, mental, entre outras. As deficiências se tornam uma espécie de filtro na mineração das trilhas. Este filtro ocorre pois só as trilhas da comunidade de cadeirantes são relevantes para um usuário cadeirante. Não há nenhum benefício evidente em analisar trilhas de diferentes deficiências. Assim, esta garantido que só são recomendados os recursos que oferecem suporte a dada necessidade do usuário.

### B. Arquitetura do Modelo

O Vulcanus é capaz de gerar recomendações de itens que possuem acessibilidade, conforme duas abordagens de similaridade de trilhas. Uma que considera a utilização dos recursos em si, e outra que analisa com base na categoria dos recursos das trilhas. Enquanto a primeira avalia a sequência cronológica de recursos, a segunda analisa a sequência de categorias de recursos, oferecendo assim a recomendação de recursos, mesmo que a comunidade não tenha utilizado nenhum recurso da trilha do usuário, o que a abordagem de utilização de recursos não realiza. A Figura 2 mostra a modelagem do Vulcanus e seus módulos. O Vulcanus utiliza perfis de usuários [12], sensibilidade de contexto [11], trilhas [8], recursos mapeados [14] e análise de similaridade [9].

### C. Componentes

1) **Módulo de Perfis:** Neste módulo é proposto que cada usuário armazene seu perfil, com não somente dados de identificação, mas também informações que referenciem o tipo de deficiência e necessidades especiais. Este módulo é utilizado na recomendação de recursos (em conjunto dos demais módulos), pois as informações de perfil são consideradas na recomendação de recursos, visto que cada recomendação é destinada à um usuário, diferentes necessidades devem ser levadas em consideração. Estas informações do perfil do usuário são utilizadas na contextualização da recomendação. Como

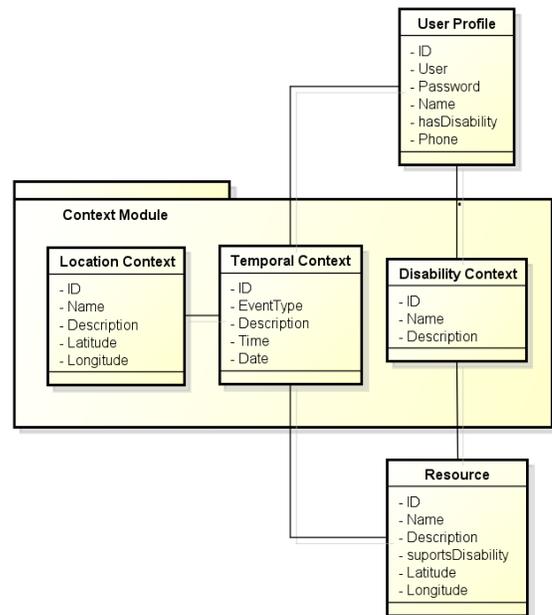


Figura 3. Diagrama do módulo de contexto.

apresentado na Figura 3, as informações são utilizadas tanto no Contexto de Deficiência, que referencia uma deficiência ao usuário; quanto no Contexto Temporal, que registra os eventos realizados por cada indivíduo.

2) **Módulo de Contexto:** Este módulo é responsável pelo armazenamento e manutenção dos contextos, como mostra a Figura 3. São utilizados três diferentes informações de contextos: Contexto de Localização, Contexto de Deficiência e o Contexto Temporal. O Contexto de Localização abrange as informações da localização do usuário (coordenadas do GPS - *Global Positioning System*, ou latitude e longitude), nome do lugar, ID (*Identification*, Identificação), entre demais informações do ambiente em que o usuário se encontra. Já o Contexto de Deficiência, representa as deficiências que o usuário possui, e as deficiências no qual cada recurso presta suporte. Além de nome, descrição e um ID. Por fim, o Contexto Temporal é responsável pelos eventos que ocorrem no contextos, como as utilizações de recursos, ou também a indicação negativa à um recurso disponível no ambiente. Um exemplo de avaliação negativa seria a indicação que um recurso mapeado que na realidade não existe, ou não está situado corretamente. Neste último tipo de contexto referido, são armazenados o tipo de evento, nome, descrição, horário, data, e um ID.

3) **Módulo de Trilhas:** Neste módulo são gerenciadas todas as trilhas que os usuários possuem. As trilhas podem ser definidas como “instantes” das informações de contexto, perfil, evento e recursos, obtidas ao longo do tempo, conforme a ocorrência de ações do usuário. Todas as informações necessárias para a criação de uma trilha são mostrados na Figura 4. As informações de perfil revelam as necessidades que devem ser assistidas; os recursos apresentam as deficiências às quais são providas acessibilidade e a localização da ocorrência do evento; enquanto que o evento remete a classificação da situação ocorrida. Todas estas informações, junto com o módulo de contexto, geram cada entrada da trilha, que é composta

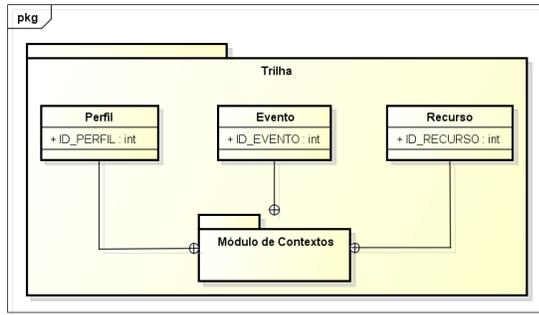


Figura 4. Componentes internos de uma trilha.

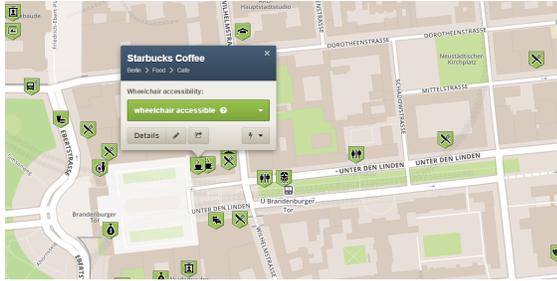


Figura 5. Recursos e suas informações.

por uma coleção destes elementos. Posteriormente, é realizada a análise de similaridade entre a trilha gerada pelo usuário e as trilhas da comunidade. Cada evento da trilha possui as seguintes informações: data, hora, ID do usuário e ID do recurso (Contexto de deficiência). As informações do contexto de localização podem ser inferidas pela própria localização do recurso. Abordando também casos onde o recurso pode se locomover, como no caso de um ônibus com acessibilidade, que possui múltiplas paradas no seu itinerário.

4) *Módulo de Recursos*: Este módulo é responsável pelo gerenciamento de recursos, seu mapeamento, classificações e às quais necessidades estão destinados. Os recursos podem ser tanto móveis quando fixos, genéricos ou específicos. Todas essas informações são armazenadas e gerenciadas neste módulo, além do nome, descrição, localização, e de um ID. Um recurso pode ser considerado qualquer item que forneça algum tipo de acessibilidade para pelo menos uma deficiência. Alguns exemplos de recursos são estabelecimentos com acesso a cadeirantes ou demais deficiências, rampas de acesso, vagas de estacionamento, elevadores, sinais sonoros, avisos em *Braille*, entre outros. Os recursos podem ser classificados em variadas categorias, como apresenta a Figura 5. O recurso foi classificado na Categoria *Food* (Comida) com descrição *Cafe*. Além destas informações, é obtida a sua localização em coordenadas, e para quais deficiências o recurso apresenta suporte. No caso apresentado, todos os recursos apresentam suporte à cadeirantes, deficiência abordada no protótipo.

5) *Módulo de Similaridade*: Este módulo avalia a similaridade da trilha que um usuário gerou ou está gerando, com as demais geradas pela comunidade de mesma deficiência, podendo assim encontrar trilhas similares. Com base nesta análise, é gerada uma lista de trilhas. Esta lista de trilhas contém todas as trilhas relevantes para a recomendação de itens, e será posteriormente utilizada no Módulo de Recomendação. A Figura 6 apresenta a sequência de ações realizadas

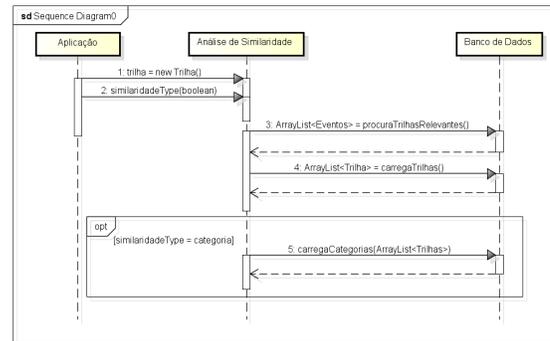


Figura 6. Diagrama de sequência da análise de similaridade.

para a mineração das trilhas relevantes. Este módulo atua basicamente como um filtro, onde de todas as trilhas geradas pela comunidade, somente as relevantes e similares passam para o módulo de recomendação. Se considera relevantes trilhas geradas por usuários de deficiência igual ao usuário que está gerando a trilha. O conceito de similar é mais amplo, pois considera informações da trilha que o usuário está gerando, mas também informações da localização do usuário.

6) *Módulo de Recomendação*: Neste módulo, são avaliadas as trilhas relevantes, filtradas pelo módulo de similaridade. Os recursos dessas trilhas similares recebem uma pontuação. Essa pontuação é calculada através da quantidade de elementos iguais, ou de mesma categoria (dependendo da abordagem utilizada), que a trilha gerada pelo usuário possui em relação as trilhas da comunidade. Desta forma, os recursos de maior pontuação, que subseguem a trilha relevante da comunidade, são recomendados.

A Figura 7 apresenta o diagrama de sequência da Recomendação. A recomendação implementada utiliza duas abordagens: uma que analisa a trilha de recursos; e a outra que explora a trilha de categorias, ou seja, não o recurso em si, mas sim a categoria de cada recurso na trilha. Esta segunda abordagem trata também de casos onde o usuário está gerando uma trilha com recursos nunca utilizados pela comunidade. Neste caso em específico, uma análise da trilha de recursos não é aplicável. Ao invés disso, essa abordagem explora as categorias dos recursos, identificando todas as trilhas que possuem recursos de uma categoria em específico, e estão dentro de um raio a partir da localização do usuário. Portanto mesmo que o usuário utilize um recurso até então desconhecido pela comunidade, será oferecido uma recomendação abordando a trilha de categorias, que sempre é capaz de realizar a recomendação de recursos ao usuário.

A recomendação implementada requisitou três níveis de repetição (Figura 7): um para o tamanho da trilha gerada pelo usuário, outra para sua comparação com cada trilha relevante, e a última para realizar a comparação em si. Após essa avaliação, os recursos subseqüentes das trilhas da comunidade são recomendados, e ordenados conforme a sua pontuação. Quanto maior a similaridade, maior a pontuação; quanto maior a quantidade de vezes que o recurso subseqüente é utilizado, maior sua pontuação.

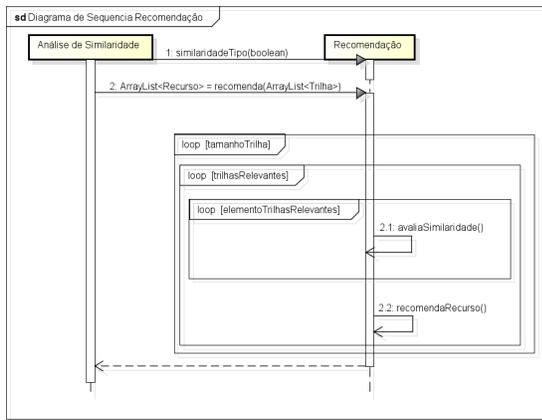


Figura 7. Diagrama de sequência da Recomendação.

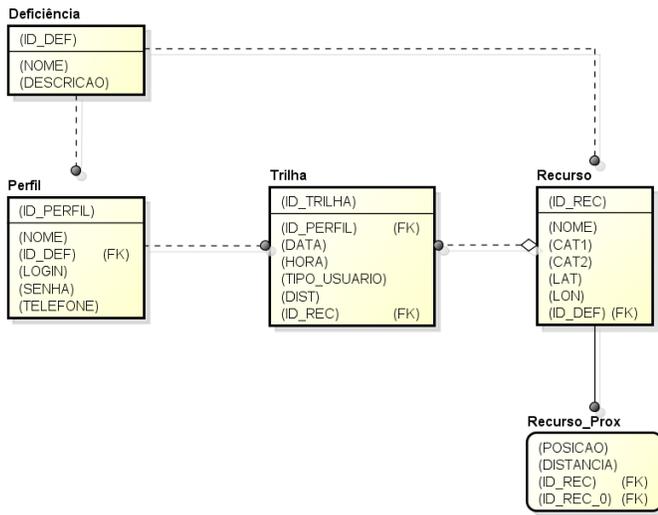


Figura 8. Diagrama ER (Entidade Relacionamento) do banco de dados utilizado no protótipo.

#### IV. ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

##### A. Implementação

No intuito de avaliar o Vulcanus, foi implementado um protótipo, que consiste dos vários módulos do sistema. Todos os dados e informações utilizadas foram armazenados em um banco de dados exclusivo para a aplicação. O banco de dados escolhido foi o *MySQL Workbench 6.1*, um banco de dados simples e de fácil implementação, porém suficientemente apto a ser utilizado no protótipo proposto.

No banco de dados desenvolvido no protótipo, foram armazenados informações de 300 usuários cadeirantes fictícios; 8756 estabelecimentos que possuem acessibilidade a esta comunidade de deficientes; e mais de 800 mil eventos de recursos utilizados nas trilhas, gerados a partir de uma simulação que inferiu o uso de recursos pelos 300 usuários ao longo de um período de 6 meses. Foi com essa simulação, desenvolvida especificamente para o protótipo, que gerou-se os dados da comunidade, que posteriormente foram utilizados na avaliação da recomendação. O banco de dados seguiu o diagrama apresentado pela Figura 8, que contém todos os componentes apresentados na descrição do modelo.



Figura 9. Mapa com recursos utilizados pelo protótipo.

A tabela *Deficiência* contém todas as deficiências que os usuários de todas as comunidades possuem. A tabela contém o ID, nome e descrição de cada uma das deficiências. Deste modo, é possível otimizar tamanho dos dados, pois usuários com a mesma deficiência terão a informação baseada no ID, e não toda a informação replicada. No protótipo desenvolvido, foi inserido apenas uma deficiência, cadeirante, por se tratar apenas de uma aplicação para validação do Vulcanus.

A tabela *Perfil* armazena as informações de cada usuário do sistema. Informações como ID, nome, login, senha, telefone e deficiência (somente o ID dela) são indispensáveis para obtenção das informações de contexto, inserção de eventos nas trilhas, e também para a própria recomendação. Foram criados 300 usuários fictícios, todos eles com a mesma deficiência motora, por se tratar de cadeirantes.

A tabela *Recurso* apresenta todos os recursos cadastrados no Vulcanus. Cada recurso possui um ID, nome, tipo, categoria, latitude, longitude, e a deficiência a qual presta acessibilidade (somente o ID dela). Foram registrados 8756 recursos reais. Os recursos foram obtidos através da comunidade aberta *Wheelmap* [14]. Nesta comunidade aberta, cada usuário pode registrar estabelecimentos reais na sua cidade, e avaliá-los quanto a acessibilidade fornecida a cadeirantes. São quatro níveis de categoria: Totalmente acessível, parcialmente acessível, não acessível e desconhecido. Todos os 8756 registrados são totalmente acessíveis, pois é só esta classificação que é relevante para o Vulcanus. Conforme a Figura 9, estes recursos estão localizados na cidade de Berlim, na Alemanha.

Estes recursos são divididos em 12 categorias principais. Estas categorias são atribuídas na criação de cada estabelecimento. Estas categorias são informações de alto valor, pois são através delas que a abordagem de trilhas de categorias é implementada. Além disso, essa informação também se tornou relevante na criação das trilhas da comunidade, devido a abordagem de diferentes perfis com diferentes necessidades. As categorias utilizadas na classificação dos recursos são listadas na Tabela III.

Esta lista de recursos foi obtida a partir de uma API da própria comunidade *Wheelmap* [14]. Nesta API pode-se fornecer duas coordenadas que formam um retângulo imaginário, e todos os recursos dentro destas coordenadas são retornados em um arquivo XML (*eXtensible Markup Language*). O quadrado imaginário utilizado cerca a cidade de Berlim, com início nas coordenadas de Latitude 52.569107 e Longitude 13.215619

Tabela III. CATEGORIAS PARA CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS.

Categorias
1 - Public Transfer (Transporte Público)
2 - Food (Comida)
3 - Leisure (Lazer)
4 - Bank Post (Posto Bancário)
5 - Education (Educação)
6 - Shopping
7 - Sport (Esporte)
8 - Tourism (Turismo)
9 - Accommodation (Acomodação)
10 - Miscellaneous (Diversos)
11 - Government (Governo)
12 - Health (Saúde)

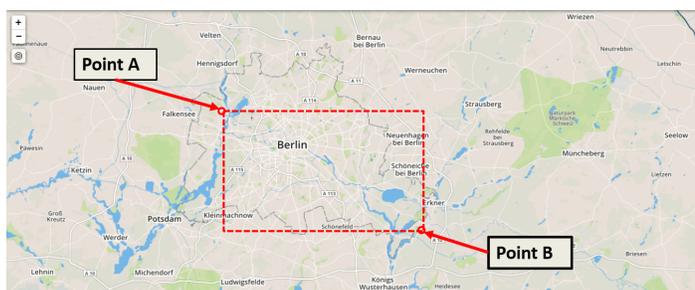


Figura 10. Área com mapeamento de recursos.

(Ponto A), até a coordenada final com Latitude 52.381737 e Longitude 13.716870 (Ponto B), apresentado pela Figura 10. A cidade de Berlim foi escolhida para uso no protótipo, pois é capital da Alemanha, que é o país sede da *Wheelmap*, possuindo um grande número de recursos cadastrados. Além disso, no ano de 2013 Berlim ganhou o prêmio de “Cidade Acessível”, organizado pelo Fórum Europeu da Deficiência [19].

Além dos recursos, são armazenadas suas informações relativas. Em específico, na tabela *Recurso Prox* são armazenadas as relações dos 1000 recursos mais próximos e cada recurso cadastrados, com suas respectivas distâncias. Esta informação foi necessária especialmente na simulação das trilhas da comunidade. Também sendo utilizada na análise de similaridade que aborda as trilhas de categorias de recursos.

Por fim, a tabela *Trilha* contém todas as informações de utilização de recursos. Ao longo da simulação, cada vez que um usuário utilizou um recurso, este evento é armazenado. Cada trilha contém um ID, o ID do usuário, o ID do recurso utilizado, data, hora, distância desde último recurso que o usuário usou até então, e o tipo de usuário naquele dado dia.

1) *Simulação de Trilhas*: Uma vez que as trilhas da comunidade, utilizando os recursos cadastrados, são dados que necessitam ser coletados ou simulados, foi avaliada e elaborada a implementação de um simulador de trilhas, capaz de gerar trilhas lógicas e viáveis. Estes dados das trilhas não podem ser simplesmente gerados aleatoriamente, pois se tratando de recursos reais, a locomoção do usuário deve ser uma informação a ser considerada. Por exemplo, no caso de um cadeirante que usa um recurso em uma parte da cidade, logo após utiliza outro recurso 20 quilômetros distante, por fim retorna para um recurso próximo ao primeiro utilizado, isso tudo, em um curto período de tempo. Claramente essa trilha é irreal, e não condiz com o comportamento de um usuário.

Tendo como objetivo a criação de trilhas para uso na recomendação de recursos, foi elaborado um simulador de trilhas capaz de elaborar trilhas factíveis, simulando um comportamento real. Utilizando todos os dados citados na implementação do protótipo do Vulcanus, o simulador gerou dados a partir dos 300 usuários, por um período de 180 dias. Em cada dia, cada usuário adotava um dos 3 perfis criados: *Worker* (Trabalhador), *Tourist* (Turista) ou *Lazy* (Ocioso). Em cada um destes perfis, diariamente o usuário fica sujeito a utilização de um certo número de recursos. A cada novo dia é sorteado o perfil que aquele usuário terá. Esta distribuição probabilística é apresentada pela Tabela IV. Além da probabilidade de cada perfil, também foram definidos a janela de horários em que recursos podem ser utilizados. As informações de “Total horas” e “Velocidade” remetem ao raio de recursos que o usuário alcança, que será explicado a seguir.

Tabela IV. DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA DOS PERFIS NO USO DIÁRIO.

Perfil	Probabilidade Diária	Período diário	Total horas	Velocidade
Worker	65%	6 às 18h	12 horas	2 Km/h
Tourist	10%	8 às 22h	14 horas	4 Km/h
Lazy	25%	9 às 20h	11 horas	1 Km/h
Total	100%			

O número de recursos que o usuário utiliza a cada dia é gerado aleatoriamente, variando entre 5 e 35 recursos. Cada perfil tem uma distribuição diferente, que remete cada necessidade. Esta distribuição do número de recursos utilizados a cada dia é apresentado pela Tabela V.

Tabela V. DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA DO NÚMERO DE RECURSOS UTILIZADOS DIÁRIO.

Nr. de Recursos	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35
Worker	5%	40%	40%	10%	2,5%	2,5%
Tourist	5%	5%	15%	30%	30%	15%
Lazy	80%	15%	5%	0%	0%	0%

Para cada dia é então definido o número de recursos que serão utilizados. A partir dessa informação, juntamente com o total de horas da janela diária de cada perfil, é possível saber o intervalo entre a utilização de cada recurso. Definindo esse intervalo como sendo um valor  $\Delta$ , é possível, junto da informação de velocidade ( $\nu$ ), estimar o raio ( $\gamma$ ) de alcance para utilização de recursos, naquele dia em específico. Esse valor é definido pela fórmula:  $\gamma = \Delta \times \nu$ . Com base nesse valor do raio, as utilizações dos recursos são realizadas. Cada usuário é atribuído, de forma aleatória, com um dos 8756 recursos. Este recurso será o ponto inicial do usuário, que em todos os dias partirá da utilização deste recurso inicial.

Além disso, durante a criação da trilha, foi levado em consideração as categorias de cada recurso, e atribuído uma probabilidade de utilização de uma determinada categoria, dado o perfil do usuário em determinado dia. Esta distribuição probabilística é mostrada na Tabela VI. Algumas categorias têm maior incidência em determinados perfis. Como por exemplo *Transporte*, *Educação*, *Saúde*, entre outros; que tem uma alta incidência no perfil *Worker*. Enquanto que o perfil *Tourist* tem maior incidência nas categorias de *Turismo*, *Lazer*, *Acomodação* e *Shopping*. Por fim, o perfil *Lazy* tem maior incidência em categorias do tipo *Lazer*, *Comida* e *Misc*.

Tabela VI. DISTRIBUIÇÃO PROBABILÍSTICA DAS CATEGORIAS DE RECURSOS RELATIVO AO PERFIL.

	Worker	Tourist	Lazy
Transport	16%	8%	3%
Food	15%	8%	15%
Leisure	1,5%	15%	30%
Money Post	15%	8%	3%
Education	15%	1%	3%
Shopping	1,5%	10%	3%
Sport	1,5%	8%	9%
Tourism	1,5%	20%	3%
Accommodation	1,5%	10%	3%
Misc	1,5%	8%	15%
Government	15%	1%	3%
Health	15%	3%	10%
Total	100%	100%	100%

## B. Avaliação

A comunidade de pesquisa vem utilizando a metodologia de cenários para a validação de sistemas sensíveis ao contexto [20], sistemas ubíquos [21], e sistemas de acessibilidade ubíqua [13]. De forma semelhante, para a avaliação do protótipo do Vulcanus foram realizadas simulações em três cenários diferentes, cada um descrevendo uma possível aplicação do sistema. Cada cenário aborda três cadeirantes, na cidade de Berlim, em contextos diferentes e com objetivos distintos. Segue a descrição de cada cenário:

1) *Cenário 1: Turismo*: “Amanda é uma cadeirante brasileira e resolveu passar suas férias de verão na Alemanha, na companhia de um acompanhante. Após realizar todas as reservas no Brasil, ela e seu acompanhante viajam para Berlim e desembarcam no aeroporto local. A seguir, pegam um táxi específico para cadeirantes, e chegam ao hotel reservado (Bax Pax Downtown Hostel/Hotel), realizando assim o check-in. No hotel, o intuito é de ter uma boa noite de sono para a jornada que aguarda o dia seguinte. O casal tem o plano de visitar diversos lugares turísticos. Como a dupla não possui nenhuma experiência na cidade antes, eles estão utilizando um aplicativo turístico para smartphones. Este aplicativo foi desenvolvido exclusivamente para turistas em Berlim, e apresenta a recomendação de estabelecimentos com acessibilidade a cadeirantes. O sistema de recomendação que integra o aplicativo é o Vulcanus, utilizando a abordagem de trilhas de recursos.

Partindo do hostel como ponto de origem, o casal começa o dia. Seguindo a recomendação do aplicativo, o casal decide visitar o museu “Alte Nationalgalerie”, se deslocando via táxi. Logo após visitar o museu, eles desejaram almoçar no restaurante indiano “Aarti”, e para isso, utilizaram do transporte público alemão, o “U Oranienburger Tor”. Após o almoço, o casal procurou uma ATM (Automated Teller Machine) próxima para saque de dinheiro, e então, via táxi, seguiram para o museu “Museum Blindenwerkstatt Otto Weidt”...”. A Tabela VII apresenta a trilha parcial, gerada ao longo da fração do dia do casal.

Tabela VII. TRILHA PARCIAL DO CENÁRIO 1.

Trilha	Nome do Recurso	Colocação na Recomendação
1	Bax Pax Downtown Hostel/Hotel	X
2	Alte Nationalgalerie	3
3	U Oranienburger Tor	11
4	Aarti	7
5	ATM	5
6	Museum Blindenwerkstatt Otto Weidt	3

2) *Cenário 2: Trabalhador*: “Helen é uma cadeirante alemã que busca facilidade na sua rotina. Mesmo morando em Berlim há aproximadamente 2 anos, ela ainda desconhece muitos locais que ofereçam suporte a sua deficiência. Deste modo, pela indicação de um amigo também cadeirante, ela instalou em seu smartphone um aplicativo de locomoção urbana, que além de gerar rotas, recomenda estabelecimentos com acessibilidade para variadas deficiências. Este aplicativo tem integrado o Vulcanus prototipado focado nas trilhas de categorias de recursos, e é capaz de salvar as trilhas geradas pelos usuários diariamente. Helen pretende utilizar o aplicativo no seu cotidiano, no intuito de conhecer novos recursos disponíveis ao alcance de sua rotina, buscando praticidade e acessibilidade dada suas necessidades especiais. Seguindo a sua rotina, ela normalmente utiliza transporte público com acessibilidade para ir à escola “Grundschule unter den Kastanien”, seu local de trabalho. Já na escola, durante a pausa para o almoço, ela costuma frequentar restaurantes e fast-foods próximos, retornando ao trabalho após a refeição. Após seu expediente, ela retorna para casa utilizando novamente transporte público. Com base nessa descrição de cotidiano, foi elaborada a seguinte trilha descrita pela Tabela VIII.

Tabela VIII. TRILHA ELABORADA PELO CENÁRIO 2.

ID Recurso	Nome do Recurso	Categoria	Tipo
6932	Kranoldplatz	Transporte Público	Ponto de Ônibus
6916	Grundschule unter den Kastanien	Educação	Escola
6909	Burger King	Comida	Fast-Food
6916	Grundschule unter den Kastanien	Educação	Escola
6668	Lange Straße	Transporte Público	Ponto de Ônibus

A partir dessa trilha de categorias, após análise de similaridade com outras trilhas e pontuação na recomendação de recursos, o aplicativo utilizado por Helen retornou os estabelecimentos representados na Tabela IX.

Tabela IX. RECURSOS RECOMENDADOS COM BASE NA TRILHA DE CATEGORIAS.

Ordem na Recomendação	Nome do Recurso	Categoria - Tipo
1	Deutsche Bank	Posto Bancário - Banco
2	Grundschule unter den Kastanien	Educação - Escola
3	ATM	Posto Bancário - ATM
4	Milans	Comida - Café
5	Hedwig Apotheke	Saúde - Farmácia
6	Berliner Sparkasse	Posto Bancário - Banco
7	Thai-Restaurant IMM-DEE	Comida - Restaurante
8	PizzaLiebe	Comida - Restaurante
9	Gertruden-Apotheke	Saúde - Farmácia
10	Seydlitz Apotheke	Saúde - Farmácia

3) *Cenário 3: Ocioso*: “Thomas é um cadeirante alemão que procura novos lugares para se divertir, tanto com os amigos, quanto com sua namorada. Ele é muito atento quanto a novas tecnologias, e por isso leu em um blog, voltado para tecnologias assistivas, sobre o lançamento de um novo GPS, que conta com a recomendação de lugares conforme o suporte à diferentes deficiências. Interessado no produto, ele adquiriu o GPS e começou a testá-lo. Esse GPS conta com o Vulcanus, em específico seu módulo de trilhas de categorias.”

“Durante o final de semana, Thomas e sua namorada utilizam o GPS e se deslocam para “Getränke Hoffmann”

ID Recurso	Nome Recurso	Tipo	Categoria
3748	City Toilette	Toaleta	Diversos
3765	Esso	Combustível	Transporte Público
1044	Berliner Sparkasse	Banco	Posto Bancário
6472	Kino UNION Filmtheater	Cinema	Lazer
3769	EKT - Friedrichshagener Kinderladen e.V.	Jardim de Infância	Educação

a)

6472	Kino UNION Filmtheater	Cinema	Lazer
3748	City Toilette	Toaleta	Diversos
1044	Berliner Sparkasse	Banco	Posto Bancário
6469	Kristinen-Apotheke	Farmácia	Saúde
6563	Bürgeramt III	Câmara Municipal	Governo

b)

6472	Kino UNION Filmtheater	Cinema	Lazer
3748	City Toilette	Toaleta	Diversos
1044	Berliner Sparkasse	Banco	Posto Bancário
3750	Bölsche Imbiss	Fast-Food	Comida
6563	Bürgeramt III	Câmara Municipal	Governo

c)

3748	City Toilette	Toaleta	Diversos
6472	Kino UNION Filmtheater	Cinema	Lazer
6469	Kristinen-Apotheke	Farmácia	Saúde
3749	Zur Stammkneipe	Restaurante	Comida
1044	Berliner Sparkasse	Banco	Posto Bancário

d)

Figura 11. Top 5 dos recursos recomendados a cada novo elemento da trilha.

(Shopping - Bebidas), em seu automóvel privado. Chegando lá, o GPS gera a recomendação de diversos recursos. O casal se interessa pelo “Kino UNION Filmtheater” (Lazer - Cinema, Figura 11 a), e resolve ir até lá. No meio do filme, Thomas precisa ir ao banheiro, e encontra sua referência no GPS, a recomendação do recurso “City Toilette” (Diversos - Toaleta, Figura 11 b). Após utilizar o toaleta, as recomendações são atualizadas (Figura 11 c), e ele retorna ao cinema. Já no cinema, as recomendações são novamente atualizadas (Figura 11 d), e o casal decide por fim retornar para casa.”

### C. Resultados

Com base nos cenários descritos na seção IV-B, é possível realizar uma análise, e inferir aspectos para averiguar se o estudo utilizou abordagens de forma correta, além de identificar onde o estudo deve focar suas melhorias e aprimoramentos. A escolha de diferentes cenários, com diferentes enfoques, visa justamente a avaliação do Vulcanus sob diferentes aspectos. Em cada um dos cenários, foram analisados os comportamentos do protótipo, avaliando-os em busca de aspectos negativos e positivos do sistema.

O primeiro cenário tratou da utilização das recomendações, que por sua vez, foram geradas através da abordagem de trilhas de recursos. No cenário 1, o casal utilizava recursos listados nas recomendações, adicionando-os na trilha gerada em tempo real, evento que dispara a geração de uma nova recomendação. O casal possuía um perfil turístico, e a escolha de recursos foi baseada neste interesse em específico. Partindo do hotel, o casal utilizou um táxi até o museu “Alte Nationalgalerie”. Em busca de um local para almoçar, eles pegaram um ônibus com acessibilidade (“U Oranienburger Tor”). Por seguinte, foram até o restaurante indiano (“Aarti”), e em seguida numa ATM (“ATM”). Por fim, visitaram o museu *Blindenwerkstatt Otto Weidt*, que finalizou a descrição do cenário.

A última coluna da Tabela VII apresentou a colocação dos recursos em cada uma das recomendações geradas. Através destes índices, é possível observar que alguns recursos utilizados pelo casal, principalmente o 3º e o 4º recursos

(com colocações 11 e 7, respectivamente), obtiveram um baixo grau de grau de similaridade com as trilhas geradas pela comunidade, e portanto uma baixa pontuação.

No caso do 3º recurso (“U Oranienburger Tor”), o sistema indicou dez recursos com maior relevância baseando-se na trilha gerada pelo casal, mesmo que estes recursos não fossem relevantes para o contexto de turismo, apresentado no cenário. Já no segundo caso, o 4º recurso utilizado pelo casal (“Aarti”) foi apenas o 7º colocado na recomendação gerada pelo sistema, que tinha portanto seis recursos mais relevantes, ou seja, com pontuações superiores.

Após a avaliação constatou-se que as trilhas da comunidade são determinantes para as recomendações geradas, pois se as trilhas da comunidade não fazem sentido, tampouco a recomendação fará; e mesmo com um perfil *Tourist* descrito no cenário 1, muitos recursos de perfil *Worker* obtiveram maior relevância nas recomendações, devido ao algoritmo de similaridade, que não foi desenvolvido para filtrar trilhas com base no perfil de usuário que a gerou.

O segundo cenário abordou a recomendação conforme a trilha de categorias. Tendo apresentada a trilha do usuário, foi gerada a recomendação de recursos. Isto é, a trilha composta por *Transporte Público*, *Educação*, *Comida*, *Educação* e *Transporte Público* foi comparada com todas as trilhas da comunidade, que após um filtro, identifica as relevantes, ou seja, as trilhas que possuem um recurso da categoria *Transporte Público*, dentro de um raio a partir da localização do usuário. Estas trilhas relevantes são então avaliadas, recebendo uma pontuação conforme o nível de semelhança. Por exemplo, uma trilha que contém: *Comida*, *Educação*, e *Transporte Público*; exatamente nesta ordem, tem maior similaridade do que uma trilha que possui *Educação* e *Transporte Público*, também nessa exata ordem, quando comparadas com a trilha de categorias do cenário 2. A recomendação gerada é mostrada pela Tabela IX, que informa o *Top 10* de recursos com maior relevância e similaridade.

Dado o cenário 2, a recomendação apresentada conseguiu oferecer de fato recursos relevantes, que atendem o necessidade do cenário. Dos dez recursos da Tabela IX, somente o segundo pode ser questionado, enquanto os demais conseguem atender a necessidade imposta pelo cenário, que visa recursos próximos a localização geográfica do usuário, e que ofereçam suporte a sua necessidade, através de serviços do cotidiano (por exemplo, postos bancários, restaurantes e farmácias). O segundo recurso “Escola - Grundschule unter den Kastanien” pode ser questionado pelo fato de já ter sido utilizado durante a geração da trilha de categorias. Isso revela que o Vulcanus não leva em consideração se os recursos foram ou não utilizados ao longo da trilha gerada pelo usuário. Sendo provável que aconteça a recomendação de recursos que o usuário já conhece, afetando a inovação na oferta de recursos.

Por fim, o terceiro cenário apresentou as recomendações geradas a cada novo uso de recurso. Cada vez que o usuário utiliza um recurso, a aplicação detecta esse evento, e o recurso é então adicionado à trilha que o usuário gera em tempo real. No cenário 3, foi avaliada a abordagem de trilhas de categorias, assim como no cenário 2. O usuário partiu de um recurso de categoria *Shopping*, indo para *Lazer*, que era a 4º recurso na lista de recursos recomendados. Os recursos subsequentes

foram das categorias *Diversos* e *Lazer*, respectivamente.

A Figura 11 apresenta o *Top 5* recursos recomendados. Essa lista de recomendação é gerada a cada nova utilização de recursos pelo usuário, incrementando sua trilha gerada. Os itens recomendados mostram-se de acordo com a proposta do usuário descrita, porém alguns recursos, como no cenário 1, mostram-se mais de acordo com um perfil *Worker* do que com perfil *Lazy* que o usuário detém. É o caso dos recursos: *Esso* (Transporte Público); *EKT - Friedrichshagener Kinderladen e.V.* (Educação); e *Bürgeramt III* (Governo). Isso acontece devido as trilhas da comunidade, que não são filtradas conforme o perfil do usuário. O perfil do usuário (*Worker*, *Tourist*, e *Lazy*) foram perfis elaborados no simulador de trilhas, e não no Vulcanus. O Vulcanus considera o perfil do usuário, mas estas informações são pertinentes à deficiência e necessidades de cada indivíduo em específico.

Assim como no cenário 2, que também utiliza trilhas de categorias, o cenário 3 apresenta recursos repetidos, que apesar de já serem utilizados na trilha do usuário, ainda são recomendados, presentes na lista *Top 5* de recursos recomendados. Através deste cenário, foi possível analisar um comportamento peculiar do usuário, que repete a utilização de recursos na mesma trilha. Este comportamento acaba exemplificando um contexto diferente, pois deste modo, a recomendação de um recurso que já foi utilizado torna-se válida. O recomendação perde inovação, pois o usuário já conhece o recurso. Entretanto, como este comportamento é padrão da comunidade, o protótipo gera tais recomendações corretamente.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo abordou a implementação do Vulcanus, um sistema de recomendação voltado para acessibilidade, com enfoque na recomendação de recursos, que dão suporte à usuários com determinadas necessidades. Foi implementado um protótipo, que através da análise de similaridade de trilhas, é capaz de recomendar recursos através de duas abordagens distintas: trilhas de recursos; e trilhas das categorias de recursos.

### A. Conclusões

Os estudos sobre sistemas de recomendação e suas mais diversas aplicações, já são amplamente difundidos. Contudo, a área de acessibilidade, seja ela ubíqua ou não, ainda carece de pesquisas. Isto é, existem trabalhos que se propõem a desenvolver tecnologias assistivas para usuários com necessidades especiais. Entretanto, estes estudos utilizam sistemas de recomendação de forma simplificada.

Este trabalho se preocupou em pesquisar sobre SRs, suas categorias, e aplicações; a fim de ter uma difundida base teórica e condizente com demais pesquisas que também desenvolveram e implementaram SRs. Assim, este estudo apresentou um protótipo capaz de realizar sua proposta, oferecendo recursos relevantes para usuários com necessidades.

Com os resultados obtidos nos cenários desenvolvidos, foi confirmado que a recomendação oferece recursos que de fato são relevantes aos usuários nos contextos apresentados, tanto a abordagem de trilhas de recursos, quanto a de trilhas de categorias. O cenário 1 apresentou recomendações conforme a

trilha de recursos. Apesar da recomendação apresentar recursos do interesse do usuário, os recursos recomendados não obtiveram as maiores pontuações, isso devido as trilhas da comunidade. Já o cenário 2 exibiu as recomendações conforme a trilha dada, abordando trilhas de categorias de recursos. Esta recomendação apresentou recursos relevantes ao usuário, mesmo que entre eles estava um recurso que a usuária já havia utilizado em sua trilha. O que a princípio aparentava ser uma falha, a abordagem do cenário 3 comprovou o contrário. O cenário 3 mostrou recomendações baseadas nas trilhas de categorias, conforme a inserção de novos recursos na trilha do usuário. De maneira oposta ao cenário 2, neste caso o usuário repetiu o uso de um recurso, fazendo com que a recomendação de um recurso já conhecido do usuário seja válida. Oferecendo ao usuário recursos relevantes para o contexto dele, mesmo que repetidos ou já utilizados pelo mesmo.

Como apresentado na seção IV-C, os resultados coletados estão diretamente relacionados a qualidade das trilhas geradas pela comunidade de usuários. Isso significa que melhorias também devem ser apresentadas na coleta dos dados utilizados, seja ela feita por simuladores de trilhas, ou de fato por usuários reais.

### B. Contribuições

A Tabela X apresenta o comparativo dos trabalhos relacionados, apresentados no capítulo II, incluindo agora o SR Vulcanus. Este trabalho abordou a criação do Vulcanus e a implementação do seu protótipo, que através de uma abordagem híbrida (colaborativas, baseado em contexto e baseado no conhecimento) é capaz de oferecer recursos para usuários com diferentes necessidades e em diferentes contextos.

Essa abordagem híbrida é devido a utilização das trilhas geradas pela comunidade de usuários (colaborativo), informações de contexto (baseado em contexto), e informações de cada um dos recursos cadastrados (baseado no conhecimento). O Vulcanus pode dar suporte tanto a PCDs quanto a idosos, conforme a conveniência da aplicação que utiliza o SR. O Vulcanus utiliza conceitos como perfis de usuário, contextos e análise de similaridade, assim os trabalhos relacionados abordados. A principal diferença e contribuição do Vulcanus aos demais trabalhos está na utilização de trilhas, e não somente históricos. Enquanto históricos lidam apenas com dados relativos ao passado do usuário, trilhas tratam a informação cronológica como um todo, obtendo um contexto de uso a cada nova inserção de recurso.

### C. Trabalhos Futuros

Com base nos resultados obtidos, e através dos cenários de avaliação, foram encontrados questões que ainda podem ser melhor exploradas e aperfeiçoadas. A primeira delas refere-se a qualidade e fidelidade das trilhas da comunidade. Apesar dos esforços para obter trilhas reais, o simulador de trilhas apresentado não foi capaz de gerar trilhas bem definidas, ou com um determinado objetivo. Ele é capaz de gerar trilhas factíveis, porém algumas delas não possuem uma sequência lógica bem determinada ou um objetivo especificado, o que acaba tornando a trilha questionável.

Outra questão que ainda precisa de ampliação é o protótipo, que deve contemplar mais de uma deficiência. O protótipo

Tabela X. COMPARATIVO ENTRE OS TRABALHOS RELACIONADOS INCLUINDO O VULCANUS.

Atributo	Plano de Viagens para Idosos	SOLVED-D	Projeto SAID	Modelagem de Usuários PCDs	Vulcanus
Classificação do SR utilizado	Híbrido (Colaborativo, baseado no Conteúdo e baseado no Conhecimento)	Baseado no Contexto	Baseado em Probabilidade	Baseado no Contexto	Híbrido (Colaborativo, baseado no Contexto e baseado no Conhecimento)
Suporte à usuários	Idosos	PCDs e Idosos	Idosos	PCDs e Idosos	PCDs e Idosos
Utilização de contextos	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Utilização de Perfis de Usuário	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Utilização de Históricos ou Trilhas	Somente histórico	Somente histórico	Nenhum	Nenhum	Trilhas
Utilização de análise de similaridade	Sim	Sim	Não	Não	Sim

desenvolvido nesse estudo foi capaz de apresentar a proposta do Vulcanus, e coletar os resultados através dos cenários de avaliação. Contudo, a ampliação de recomendações contendo também outros recursos mapeados, e diferentes deficiências suportadas, é fundamental para se obter uma visão completa e funcional do Vulcanus. Além disso, torna-se importante considerar a disponibilidade e localização dos recursos como um fator de avaliação na recomendação, uma vez que o recurso pode estar momentaneamente indisponível, ou ter se deslocado fisicamente (no caso de ônibus ou táxis, por exemplo).

Já no próprio Vulcanus, pode-se aprimorar o módulo de similaridade, adicionando uma funcionalidade a fim de evitar o excesso de recomendações de recursos que já estão na trilha do usuário. Foi visto, através do cenário 3, que existem casos que validam a recomendação de um recurso já presente na trilha do usuário. Porém, essa recomendação deve ser realizada com cautela, somente em casos de alta similaridade entre trilhas, dado que a inovação na oferta de recursos pode ser afetada.

Por fim, a aceitação do Vulcanus só pode de fato ser avaliada a partir de usuários reais. Para isso o Vulcanus deve ser integrado com uma aplicação, como por exemplo o protótipo Hefestos. É através de uma avaliação com estes aspectos que pode-se obter resultados irrefutáveis e claros. Os resultados obtidos nesse trabalho são importante pois mostram aspectos a serem evoluídos, porém só a partir de aplicações reais que a validação do Vulcanus pode ser afirmada precisamente.

#### REFERÊNCIAS

- [1] V. J. Breternitz and L. A. Silva, "Big data: Um novo conceito gerando oportunidades e desafios," *Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2013.
- [2] D. Jannach, M. Zanker, A. Felfernig, and G. Friedrich, *Recommender systems: An Introduction*. Cambridge University Press, 2011.
- [3] M. Weiser, "The computer for the 21st century," *Scientific american*, vol. 265, no. 3, pp. 94–104, 1991.
- [4] G. C. Vanderheiden, "Ubiquitous accessibility, common technology core, and micro assistive technology: Commentary on computers and people with disabilities," *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, vol. 1, no. 2, p. 10, 2008.
- [5] R. R. Oliveira, F. C. Noguez, C. A. Costa, J. L. Barbosa, and M. P. Prado, "Swtrack: An intelligent model for cargo tracking based on off-the-shelf mobile devices," *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 6, pp. 2023–2031, 2013.
- [6] J. L. V. Barbosa, R. M. Hahn, D. N. F. Barbosa, and A. I. d. C. Z. Saccol, "A ubiquitous learning model focused on learner interaction," *International Journal of Learning Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 62–83, 2011.
- [7] H. Vianna and J. L. V. Barbosa, "A model for ubiquitous care of non-communicable diseases," *Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 18, pp. 1597–1606, 2014.
- [8] J. M. Silva, J. H. Rosa, J. L. Barbosa, D. N. Barbosa, and L. A. Palazzo, "Content distribution in trail-aware environments," *Journal of the Brazilian Computer Society*, vol. 16, no. 3, pp. 163–176, 2010.
- [9] T. Wiedemann, "Simcop: Um framework para análise de similaridade em sequências de contextos," Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada), Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.
- [10] A. Schmidt, K. A. Aidoo, A. Takaluoma, U. Tuomela, K. Van Lahrhoven, and W. Van de Velde, "Advanced interaction in context," in *Handheld and ubiquitous computing*. Springer, 1999, pp. 89–101.
- [11] A. K. Dey, "Understanding and using context," *Personal and ubiquitous computing*, vol. 5, no. 1, pp. 4–7, 2001.
- [12] A. Wagner, J. L. V. Barbosa, and D. N. F. Barbosa, "A model for profile management applied to ubiquitous learning environments," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 4, pp. 2023–2034, 2014.
- [13] J. Tavares, J. Barbosa, C. Costa, A. Yamin, and R. Real, "Hefestos: a model for ubiquitous accessibility support," in *Proceedings of the 5th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. ACM, 2012, p. 27.
- [14] Wheelmap.ORG, "Wheelmap.org," 2014, acesso em: 11 de Junho de 2014.
- [15] B. Batouche, D. Nicolas, H. Ayed, and D. Khadraoui, "Recommendation of travelling plan for elderly people according to their abilities and preferences," in *CASoN*, 2012, pp. 327–332.
- [16] M. Sohn, S. Jeong, and H. J. Lee, "Self-evolved ontology-based service personalization framework for disabled users in smart home environment," in *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2013 Seventh International Conference on*. IEEE, 2013, pp. 238–244.
- [17] I. Zinnikus, A. Bogdanovich, and R. Schäfer, "An ontology based recommendation system for elderly and disabled persons," in *Workshop Adaptability and User Modeling in Interactive Systems (ABIS 2002)*, 2002.
- [18] W. Kurschl, M. Augstein, H. Stitz, P. Heumader, and C. Pointner, "A user modelling wizard for people with motor impairments," in *Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia*. ACM, 2013, p. 541.
- [19] E. Commission, "2013 access city award for disabled-friendly cities goes to berlin," 2013, acesso em: 03 de Novembro de 2014. [Online]. Available: DOI: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-12-1309\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1309_en.htm)
- [20] A. K. Dey, G. D. Abowd, and D. Salber, "A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications," *Human-computer interaction*, vol. 16, no. 2, pp. 97–166, 2001.
- [21] M. Satyanarayanan, "Pervasive computing: Vision and challenges," *Personal Communications, IEEE*, vol. 8, no. 4, pp. 10–17, 2001.