

# TAGARELA BRAILLE – APP PARA AUXÍLIO NO APRENDIZADO AO BRAILLE

Leonardo Pereira Vieira, Prof. Dalton Solano dos Reis – Orientador

Curso de Bacharel em Ciência da Computação  
Departamento de Sistemas e Computação  
Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brasil

leonardopereira@furb.br, daltonreis@furb.br

**Resumo:** Este artigo apresenta o desenvolvimento do aplicativo para auxiliar no aprendizado do braille inicialmente criado por Cazagrande (2016). Um dos objetivos propostos por esse artigo é tornar o aplicativo mais acessível através de áudio e interação por gestos na tela, possibilitando assim a utilização por pessoas cegas. Este aplicativo pretende também tornar mais fácil a inclusão de novos módulos para que possa ser criado mais ferramentas dentro do aplicativo e abranger outras áreas da educação especial. Para isso foi feita a migração da tecnologia utilizada inicialmente para o FLUTTER que utiliza bem o conceito de componentização para reaproveitar os componentes. Foi percebido a necessidade de otimizar as instruções do manual de uso do aplicativo, porém a utilização do aplicativo se mostrou eficiente em acessibilidade, pois cumpriu de forma prática o objetivo de auxiliar e estimular o aprendizado de pessoas com ausência parcial ou total da visão.

**Palavras-chave:** Acessibilidade. Aplicativo. Braille. Componentização. Flutter.



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo pesquisa do IBGE (2017) de acordo com o censo de 2010, existe no Brasil quase 46 milhões de pessoas com deficiência, cerca de 24% da população, se declaram deficientes de uma das habilidades investigadas (enxergar, ouvir, caminhar ou subir degraus), ou possuir deficiência mental / intelectual (IBGE, 2017). Dentre esses já passaram ou ainda irão passar pelo período escolar, como é previsto pelo artigo 2º da lei nº 7.853 de 1989, que garante esse direito:

Ao Poder Público e seus órgãos cabe assegurar às pessoas portadoras de deficiência o pleno exercício de seus direitos básicos, inclusive dos direitos à educação, à saúde, ao trabalho, ao lazer, à previdência social, ao amparo à infância e à maternidade, e de outros que, decorrentes da Constituição e das leis, propiciem seu bem-estar pessoal, social e econômico. (BRASIL, 1989, p.1).

Conforme Masini e Gaspareto (2007), esse tipo de inclusão de alunos com deficiência tem se tornado alvo de muita discussão por profissionais da educação. O tema é polêmico por isso tem causado grande impacto e discussão entre professores, diretores e todos os profissionais que atuam no meio escolar (MASINI; GASPARETO 2007, p.35). Uma dessas deficiências que os portadores muitas vezes sofrem é com a falta de preparo e/ou adaptação do ambiente escolar e dos profissionais de educação é a deficiência visual. Segundo a organização Marta Gil (2000), cegueira pode ser tanto adquirida como congênita. Quando o indivíduo nasce com o sentido da visão, guarda memórias visuais, facilitando na sua adaptação. Quem nasce sem a capacidade da visão, por outro lado, jamais pode formar uma memória visual, possuir lembrança visual (MARTA GIL, 2000, p.8).

Atualmente existem diversos softwares para o auxílio a pessoas com deficiência como o DOSVOX, BlindSquare, entre outros que são usados pelos próprios deficientes. Existem outros que auxiliam também pessoas sem deficiência como o Liane TTS que ensina linguagem de sinais. Mas esses softwares são encontrados em locais diferentes, fazendo com que o usuário tenha que baixar de diferentes fornecedores, criando diferentes contas e o progresso gravado em locais diferentes. Uma alternativa para não se ter vários softwares e reunir estas funcionalidades em um único aplicativo, seria utilizando o conceito de componentização para facilitar a inclusão de novos módulos. O conceito de componentização pode ser usado para criar um aplicativo com componentes que possam ser reaproveitados e facilitando a inclusão de novos módulos, tornando assim um aplicativo mais completo.

Outra possível vantagem na utilização do conceito de componentização está relacionado ao desenvolvimento de *softwares* que está cada vez mais complexo e detalhado por conta de usuários cada vez mais exigentes, sejam eles empresas ou usuários domésticos (RAIM, 2010). Com isso são necessários tempos mais longos para o desenvolvimento e muitas vezes é ultrapassado o tempo estimado, resultando em atrasos e reclamações por parte dos clientes. Para resolver esse problema, alguns desenvolvedores utilizam o conceito de componentização, reutilizando componentes e padronização das regras de negócio, dando mais agilidade no desenvolvimento.

Diante dos argumentos citados, este trabalho desenvolveu um aplicativo para o auxílio no ensino de pessoas com e sem deficiência visual, possibilitando uma melhor adaptação entre os deficientes visuais e os que convivem com eles. Acreditasse assim que esse projeto possa vir auxiliar a integração dos deficientes ao meio onde vivem, facilitando o aprendizado e adaptação, principalmente no meio educacional. Para isso será utilizado padronização de projetos utilizando conceito de componentização para facilitar a criação de novos módulos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo será apresentado a fundamentação teórica, onde o item 2.1 ira tratar dos conceitos usados no desenvolvimento desse trabalho, o item 2.2 será apresenta o protótipo atual desenvolvido por Lucas Cazagrande em 2016 e no item 2.3 apresenta os trabalhos correlatos com o trabalho relatado nesse artigo.

### 2.1 CONCEITOS

Este capítulo descreve brevemente os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: sistema braille e desenvolvimento de aplicações utilizando componentização.

#### 2.1.1 Braille

O braille é um sistema de escrita e leitura tátil para as pessoas cegas e foi criado por Louis Braille que desenvolveu um sistema de leitura para deficientes visuais (INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT, 2018) e se tornou importante para portadores de deficiência visual. O sistema braille baseados em símbolos de alto-relevo resultantes da combinação de até seis pontos, no que se convencionou chamar de “cela braille”, dispostos em duas colunas de três pontos cada (COSTA, 2009). E através desses pontos são representados 63 símbolos (OTSUKA, 2010).

O braille foi introduzido no Brasil por José Álvares de Azevedo, que havia estudado em Paris e era cego. Em 1854 graças a ele foi fundada no Rio de Janeiro, a primeira escola para pessoas com deficiência visual da América Latina (OLIVEIRA, 2016). O Brasil utilizou o braille na sua forma original até a década de 1940, quando teve que alterar por conta da reforma Ortográfica da Língua Portuguesa, e ficou sem regra específica até que em 1999 foi criado a Comissão Brasileira do Braille. Em 2002 foi criado a Grafia braille para a Língua Portuguesa e passou a ser utilizado pelos territórios brasileiros e portugueses (INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT, 2018).

Existem diversos instrumentos para a escrita braille como o reglete (Figura 1), que é acompanhado do punção. A escrita com o reglete é feita da direita para a esquerda, porque as palavras que são lidas no alto-relevo que é formado no papel (CIVIAN, 2017). O reglete ainda é usado apesar de que hoje em dia existem algumas tecnologias com máquina de escrever em braille, da impressora e de softwares leitores de tela (CIVIAN, 2017).

Figura 1 - Reglete



Fonte: Civian (2017).

Hoje em dia são utilizados *displays* braille que já vêm sendo utilizados em muitos países e resolvem as dificuldades de armazenamento permitindo que pessoas cegas possam ler com mais autonomia e em qualquer lugar. Contudo, o alto custo desses equipamentos ainda os torna inacessíveis para a maioria dos cidadãos (OLIVEIRA, 2016).

#### 2.1.2 Componentização

Um conceito que foi usado nesse trabalho e que também é usado na indústria de jogos é a de reutilização de componentes, conceituado como a produção de componentes de software que são úteis para mais de um projeto (ROLLINGS; MORRIS, 1999). Segundo Oliveira (2012), componentização de software é uma abordagem arquitetural baseada na divisão de sistemas de software em unidades menores, denominadas componentes, permitindo a criação de um sistema como se houvesse vários sistemas menores, diminuindo sua complexidade, fazendo com que cada componente seja focado em um conjunto de funcionalidades semelhantes ou em uma função específica, nas quais estas funções podem ser reutilizadas através do acesso ao componente (OLIVEIRA, 2012). Existem vários benefícios com uma aplicação baseada em componentes como cita Oliveira (2012).

O desenvolvimento de aplicações baseado em componentes nos traz uma série de benefícios, dentre os quais podemos destacar:

- Produtividade: Pode-se economizar tempo de desenvolvimento, dependendo do portfólio de componentes já prontos;
- Robustez: Maior qualidade no produto final que utiliza componentes, pois os mesmos já foram largamente testados em um projeto dedicado à construção dos mesmos;
- Padrão de desenvolvimento: Equipe orientada a desenvolvimento nos moldes da componentização (OLIVEIRA, 2012, p. 1).



## 2.2 PROJETO ATUAL

O projeto atual foi desenvolvido por Cazagranda (2016), e tinha como objetivo desenvolver um módulo de jogos para o tagarela que é um aplicativo de comunicação alternativa, para auxiliar no aprendizado do sistema braille por pessoas normovisuais. Para desenvolver o projeto foi utilizado Brackets em conjunto com o PhoneGap e utilizado as linguagens HyperText Markup Language 5 (HTML5), Cascading Style Sheets (CSS) e JavaScript para o desenvolvimento de três opções, sendo acessada a partir da tela principal como mostra a Figura 2.

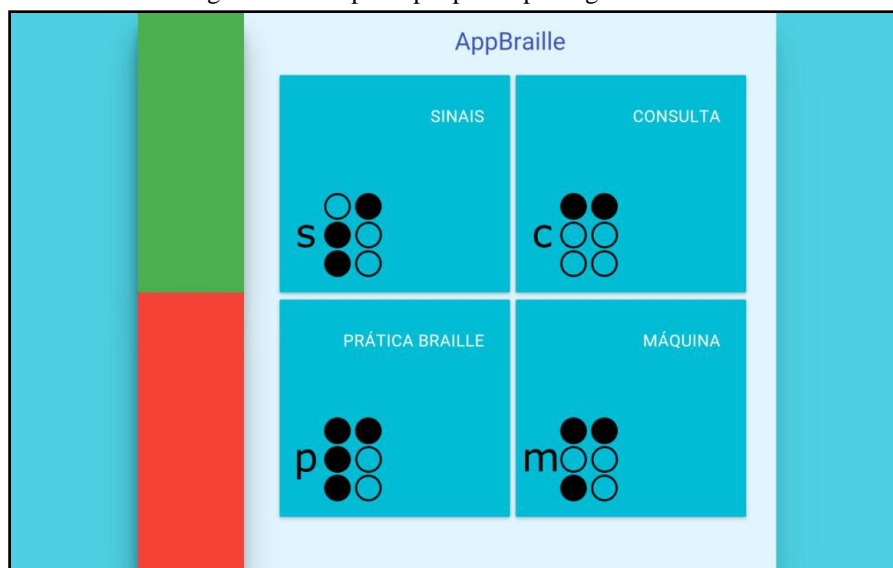


A primeira opção *Sinais* foi criada para demonstrar as sete séries de sinais braille, que representam todas as letras e alguns sinais escritos. Para facilitar o entendimento da disposição das séries, quando o usuário clica em alguma das celas é direcionado para um exemplo com a letra ou sinal selecionado.

A opção *consulta* representa a transição dos pontos braille. Nessa tela tem duas celas dispostas uma ao lado da outra já que um único símbolo escrito pode ser representado por mais de uma cela braille, como por exemplos os números.

Na terceira opção *Prática Braille* são apresentadas imagens com a descrição que remete ao significado da imagem, uma cela braille ao lado e abaixo do nome da imagem, e uma descrição com o uso dos sinais braille. Alguns dos sinais são substituídos por um sinal de interrogação em tinta, assim o usuário tem que informar qual o sinal braille é referente ao sinal que está faltando.

Figura 2 - Tela principal protótipo Tagarela Braille



Fonte: Cazagranda (2016).

A quarta opção *Máquina* não foi implementada ficando como sugestão para extensões, que seria um simulador de máquina de escrever em braille. Um dos principais pontos fortes desse trabalho foi a divisão dos módulos que deixa bem intuitivo para o usuário e os exemplos com imagens, representando melhor e ajudando a fixar o exemplo que se quer passar. O ponto negativo foi a falta de acessibilidade, através de áudio, gestos na tela ou movimentos do dispositivo, para tornar o aplicativo mais acessível por quem é cego ou tem baixa visão.

## 2.3 TRABALHOS CORRELATOS

Foram escolhidos três trabalhos correlatos com propostas semelhantes a este. No Quadro 1 descreve o aplicativo Aprende Braille desenvolvido por Ugedo (2016), com exercícios para praticar e aprender braille. No Quadro 2 relata o trabalho AbcNum Braille (AQUINO *et al.*, 2015), que tem como objetivo desenvolver uma aplicação para auxiliar na aprendizagem do alfabeto braille para pessoas com baixa visão. Por último, no Quadro 3 o LêBraille (FAÇANHA *et al.*, 2012) um aplicativo que simula os instrumentos utilizados para o aprendizado em braille.

Quadro 1 - Trabalho correlato Aprende Braille

Referência	Ugedo (2016)
------------	--------------

Objetivos	O aplicativo visa auxiliar no aprendizado de braille através de exercícios.
Principais funcionalidades	a) alfabeto – lista com o alfabeto e seus respectivos sinais em braille; b) ejercicios de letras – exercícios para o usuário digitar a letra que é representada na célula; c) ejercicios de palabras – exercícios para o usuário tem que digitar a palavra que é representado nas células braille; d) ejercicios de palabras – módulo de exercícios para o usuário digitar o número informado na célula braille; e) ejercicios de frases – Assim como o módulo exercício de palavras, os exercícios com frases para o usuário informar qual frase representa os símbolos em braille.
Ferramentas de desenvolvimento	Não foi encontrada a ferramenta usada para o desenvolvimento.
Resultados e conclusões	O que também auxilia na acessibilidade é o <i>feedback</i> com áudio presente em algumas opções do aplicativo. O aplicativo é prático e intuitivo, com nota de 4,6 na loja de aplicativo e mais de dez mil downloads na <i>play story</i> .

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 2 - Trabalho correlato AbcNumBraille

Referência	Aquino <i>et al.</i> (2015)
Objetivos	Auxiliar deficientes visuais no processo de alfabetização, possibilitando a prática de atividades de alfabetização.
Principais funcionalidades	a) feedback sonoro; b) feedback tátil; c) exercício de vogais; d) exercício de consoantes; e) exercícios de números.
Ferramentas de desenvolvimento	Não foi informado as ferramentas usadas no desenvolvimento.
Resultados e conclusões	Os resultados não foram divulgados, mas pode-se concluir que a proposta auxilia o aprendizado do braille por pessoas com baixa visão porque possui retorno tátil e sonoro.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3 – Trabalho correlato LêBraille

Referência	Façanha <i>et al.</i> (2012)
Objetivos	O principal objetivo de disponibilizar uma ferramenta de auxílio na alfabetização no sistema braille.
Principais funcionalidades	a) o aplicativo dispõe de uma tela com 6 teclas que representam uma cela braille; b) interação por gestos na tela; c) feedback da interação por áudio.
Ferramentas de desenvolvimento	Linguagem e programação Java.
Resultados e conclusões	O aplicativo se mostrou acessível principalmente para pessoas que possuem um grau maior de deficiência visual, como mostrado nos resultados obtidos após a experiência com deficientes visuais (FAÇANHA <i>et al.</i> , 2012). Os pontos mais marcantes foram a navegabilidade e o conteúdo, como relatados pelos que participaram da pesquisa apesar de alguns não demonstrarem segurança no uso do sistema (FAÇANHA <i>et al.</i> , 2012).

Fonte: Elaborado pelo autor.

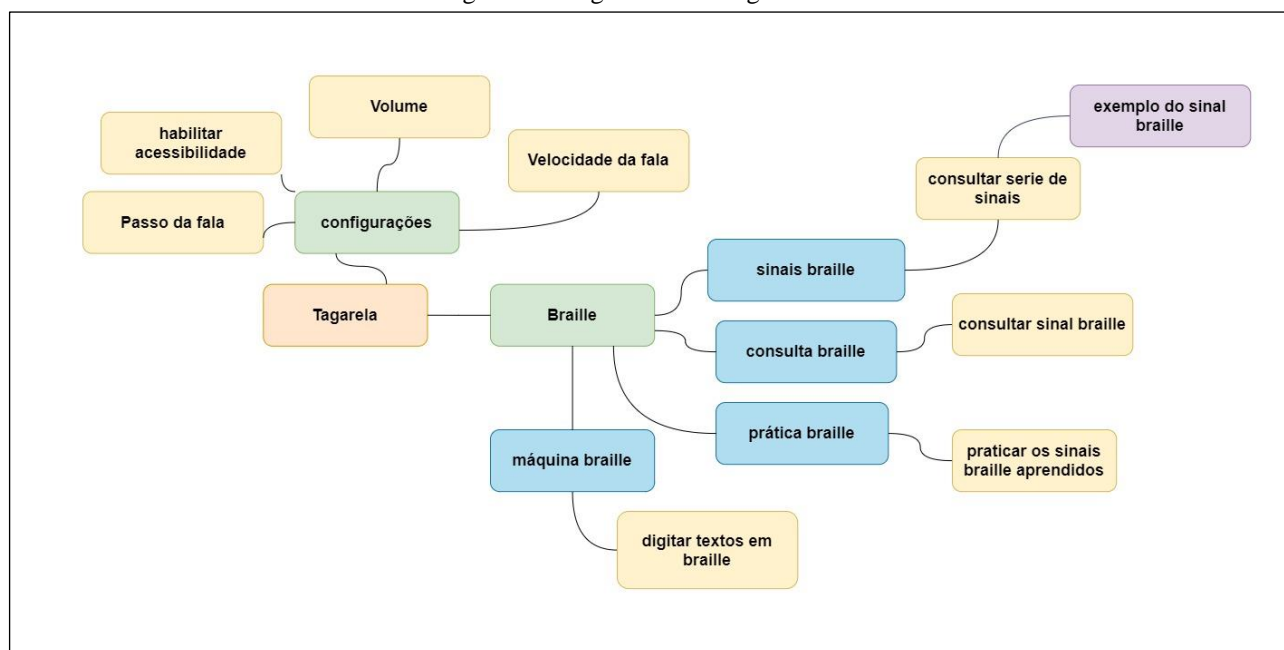
### 3 DESCRIÇÃO

Neste capítulo será descrito detalhes sobre a implementação do aplicativo, na seção 3.1 serão descritos os aspectos mais importantes e uma visão geral do aplicativo, na seção 3.2 tem-se um detalhamento sobre a implementação do aplicativo e ferramentas utilizadas.

#### 3.1 VISÃO GERAL DO APLICATIVO

O aplicativo dispõe de uma tela inicial com a opção Braille que dispõe das funcionalidades principais para auxiliar no aprendizado do braille (Figura 3). Atualmente só se tem o módulo Braille, mas mais módulos serão desenvolvidos, e o módulo Braille servirá como modelo para os próximos módulos. Ao iniciar o aplicativo um áudio informa que, se o usuário deseja acessar o módulo braille deve-se clicar duas vezes na tela. Ao entrar no módulo tem-se a tela inicial do Tagarella Braille que será explicada melhor a seguir. Para um melhor entendimento, a especificação do desenvolvimento deste trabalho será dividida em duas partes, o modo acessibilidade e as funcionalidades do módulo braille.

Figura 3 - Diagrama de navegabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.1 Modo acessibilidade

O modo acessibilidade pode ser configurado no menu lateral do aplicativo na opção configurações. É por padrão, essa configuração é ativada para que pessoas com baixa visão ou cegas possam utilizar o aplicativo sem ajuda externa. neste menu, de configurações, existem alguns ajustes que podem ser feitos, são eles:

- a) **acessibilidade:** habilita a função de acessibilidade para uso por pessoas com baixa visão ou cegas;
- b) **volume:** essa funcionalidade, assim como as demais configurações, só é usada quando o modo acessibilidade está ativo. Essa configuração serve para controlar o volume da voz do modo acessibilidade;
- c) **velocidade:** essa configuração é a velocidade com que o áudio é falado;
- d) **passo:** é a velocidade do passo das palavras que é falada pelo aplicativo.

A função de acessibilidade foi desenvolvida pensando em usuário que tem pouca visão ou são cegos, pois o feedback de áudio auxilia e possibilita que ele possa utilizar o aplicativo através de gestos na tela. Com essa opção ativa o usuário tem total controle no módulo Braille, com exceção das configurações. Para que o usuário não clique em uma opção por engano todos os botões da tela são desabilitados quando a acessibilidade estiver ativa e a interação com o aplicativo só funcionará através gestos na tela. Sempre que o usuário entrar na tela e o modo acessibilidade estiver ativo é dada as instruções por áudio para que ele possa utilizar as funcionalidades dela. Os gestos detectados pelo aplicativo seguem sempre um padrão e sempre são acompanhados de um áudio da ação tomada. Como pode ser visto no Quadro 4 que lista os gestos e ações disponíveis no aplicativo.

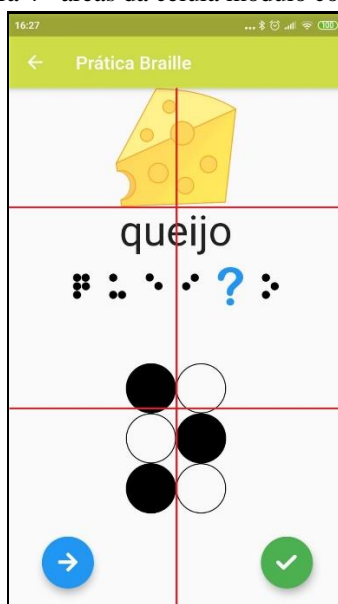
Quadro 4 - Gestos e ações

Gestos	Ações
Manter pressionado	Repete a instrução dada ao entrar na tela.
Deslizar para direita	Navega entre as opções de botões ou opções da tela, sempre seguido de dois cliques na tela para confirma a opção selecionada.
Deslizar para esquerda	Assim como o deslizar para a direita este gesto navega entre as opções, sendo que no sentido contrário e assim navegando para a opção anterior, caso tenha mais de uma opção.
Um toque na tela	Depende da tela, conforme explicado a seguir.
Dois toques na tela	Quando navegado pelas opções disponíveis e ao clicar duas vezes executa a ação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em algumas telas como a da opção prática é necessário informar qual ponto braille deve estar marcado. O que pode ser feito pressionando uma das regiões da tela, como mostra na Figura 4.

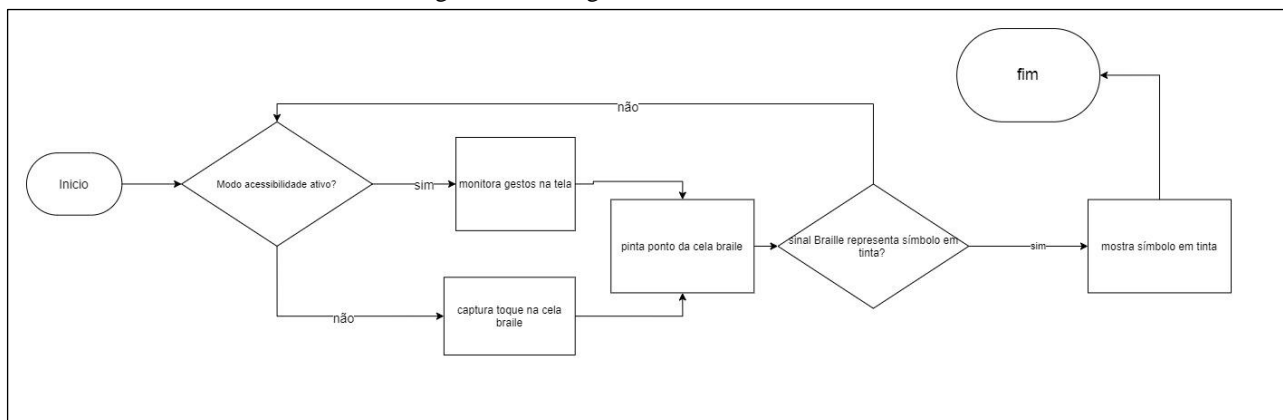
Figura 4 - áreas da célula módulo consulta



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sempre que o usuário clica em alguma das áreas divididas na tela, o ponto braille é marcado de acordo com o local da tela clicado. Sempre com o retorno de áudio para que o usuário saiba que sinal está sendo digitado. Nessa tela ainda o usuário pode navegar entre as duas opções: os botões pular palavra e confirmar. Para navegar entre essas opções ele tem que deslizar para direita ou esquerda e confirmar com dois cliques na tela. Assim como a tela de prática a de consulta também contém celas braille. A diferença é que ao marcar o ponto a representação do caractere em tinta é mostrado na tela. A Figura 5 exibe o fluxograma da consulta de sinais braille.

Figura 5 - Fluxograma consulta sinal braille



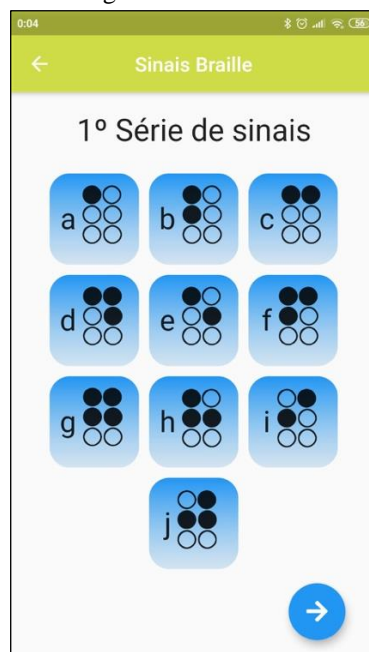
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.1.2 Funcionalidades do aplicativo

O aplicativo tem quatro funcionalidades, são elas: sinais, consulta, prática e máquina Braille. A opção sinais é composto por sete séries de sinais braille, na qual cada sinal representa um símbolo escrito (Figura 6). Cada símbolo tem um exemplo em que o usuário pode consultar. Os exemplos têm uma figura e um texto escrito em braille, e em letra de tinta. Para navegar entre as séries de sinais é utilizado os botões na parte inferior da tela para navegar.



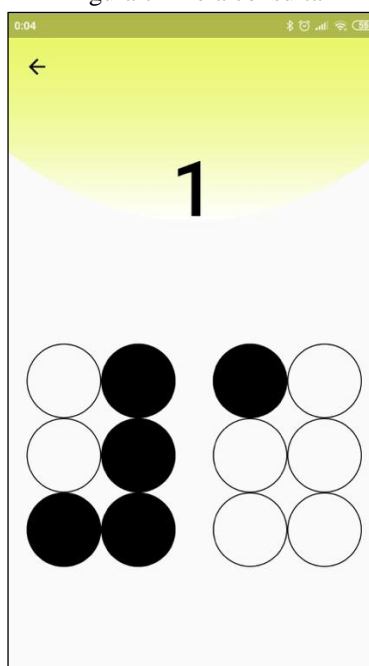
Figura 6 - Tela sinais



Fonte: elaborado pelo autor

Na opção *consulta* possui duas celas braille em que o usuário pode consultar os sinais digitando o símbolo em braille na tela (Figura 7). Na parte superior da tela será informada qual letra ou símbolo as células estão representando. Nem todos os sinais braille podem ser consultados, pois alguns poucos símbolos necessitam de mais de duas celas braille.

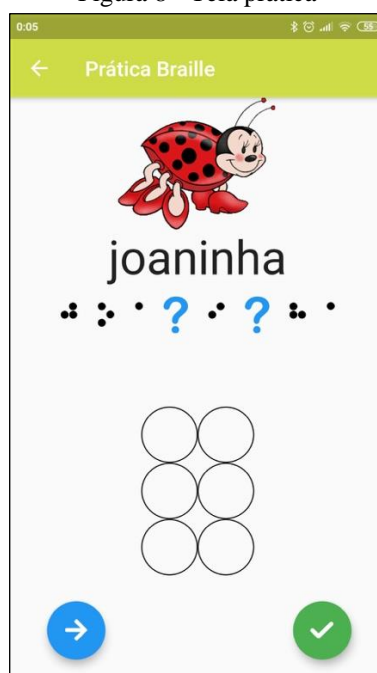
Figura 7 - Tela consulta



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra opção disponível é a *prática* que possibilita a prática do que foi aprendido (Figura 8). Nessa opção é exibido uma imagem com o nome dela embaixo e uma série de símbolos abaixo com um sinal braille faltando, para que o usuário possa digitar qual símbolo que está faltando.

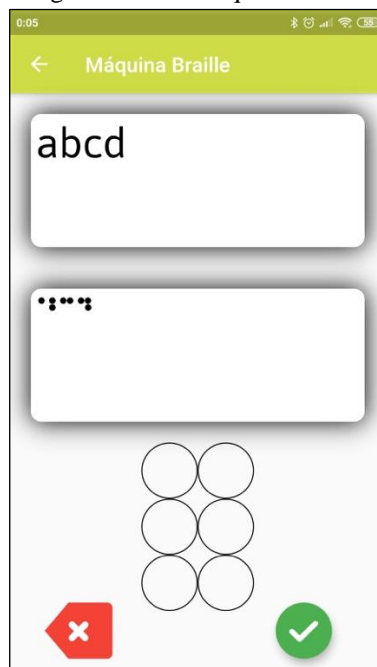
Figura 8 - Tela prática



Fonte: Elaborado pelo autor

Na última opção, a Máquina Braille é composto por duas caixas de textos (Figura 9), uma cela braille e dois botões (confirmar e deletar). O usuário digita na cela braille os símbolos que deseja usar e nas caixas de texto acima é informado o texto em braille e em símbolo na representação de tinta. O usuário pode até mesmo digitar símbolos compostos, que utilizam mais de uma cela braille, que mesmo assim será reconhecido. No botão confirmar o usuário confirma o símbolo que deseja digitar e o botão vermelho com “x” exclui o texto digitado.

Figura 9 - Tela máquina Braille



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2 IMPLEMENTAÇÃO



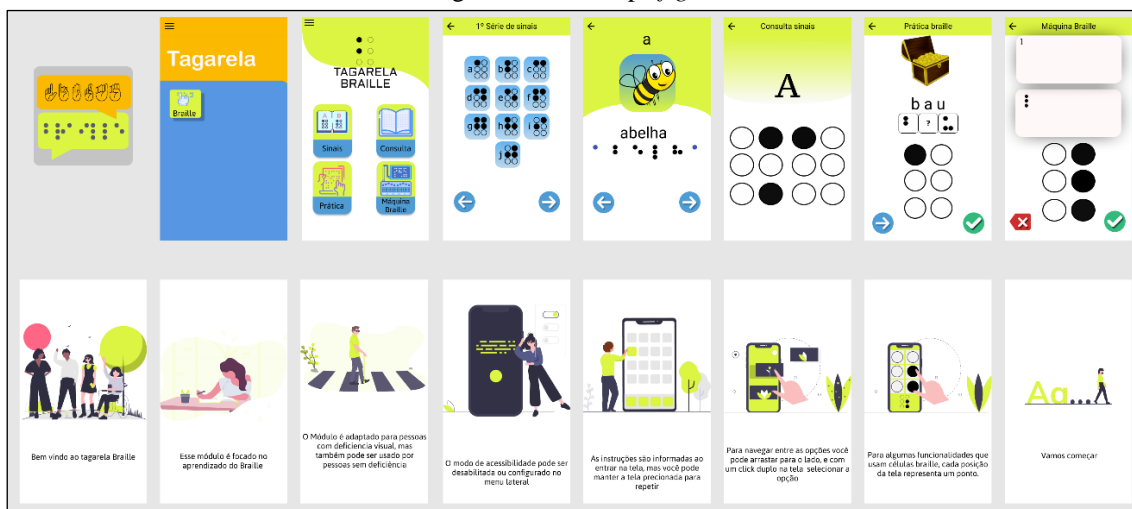
Neste parágrafo se pretende apresentar os detalhes do desenvolvimento e especificações mais relevantes do aplicativo e as ferramentas utilizadas.



### 3.2.1 Ferramentas utilizadas

O projeto foi desenvolvido em Flutter, um *framework* para desenvolvimento de aplicativos para desktop, Android, iOS e WEB lançada em 2017 pela Google e utiliza a linguagem DART. Para a criação de um aplicativo é necessário utilizar um gerenciador de estado, que serve para atualizar a tela quando a variável tem seu valor alterado. Existem diversos gerenciadores de estado como o Bloc, MobX, GetX, setState, entre outros. Mas para esse projeto foi utilizado o MobX. O Flutter não tem uma estrutura de projetos padrão assim como outros *frameworks*. Mas nesse projeto foi utilizada uma estrutura de projeto do `flutter_modular` que serve também para a injeção de dependência, controlar as rotas e modularização. A estrutura do projeto criada pode ser vista no APÊNDICE A. Para a criação dos sinais braille foi utilizado o criador de fontes calligraphr que é um criador de fontes on-line, onde todos os caracteres são desenhados e convertido em fonte de texto pela ferramenta como pode ser visto no APÊNDICE B. Antes de iniciar o desenvolvimento do aplicativo foi criado um protótipo usando o figma, que é uma ferramenta web para prototipação de sites e aplicativos móveis. As telas do protótipo estão representadas na Figura 10, as quais refletiram exatamente como ficaram as telas na aplicação final.

Figura 10 - Protótipo *figma*

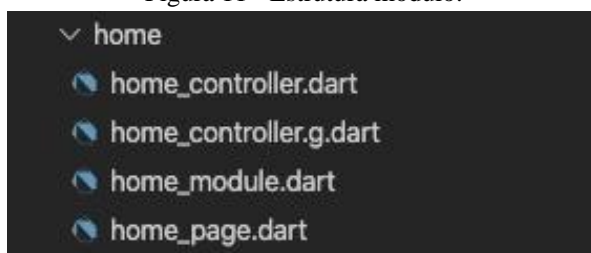


Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.2 Desenvolvimento

O aplicativo inicia no módulo tagarela que é o módulo principal, e é a *home page* do aplicativo. Todos os módulos são compostos por quatro arquivos como mostra a Figura 11. Os arquivos `home_page.dart`, `home_controller.dart`, e `home_module.dart` são padrões de uma estrutura Model View Controller (MVC). E o quarto arquivo é o `home_controller.g.dart`, que é um arquivo utilizado pelo gerenciador de estado MobX para controlar a mudança de estado.

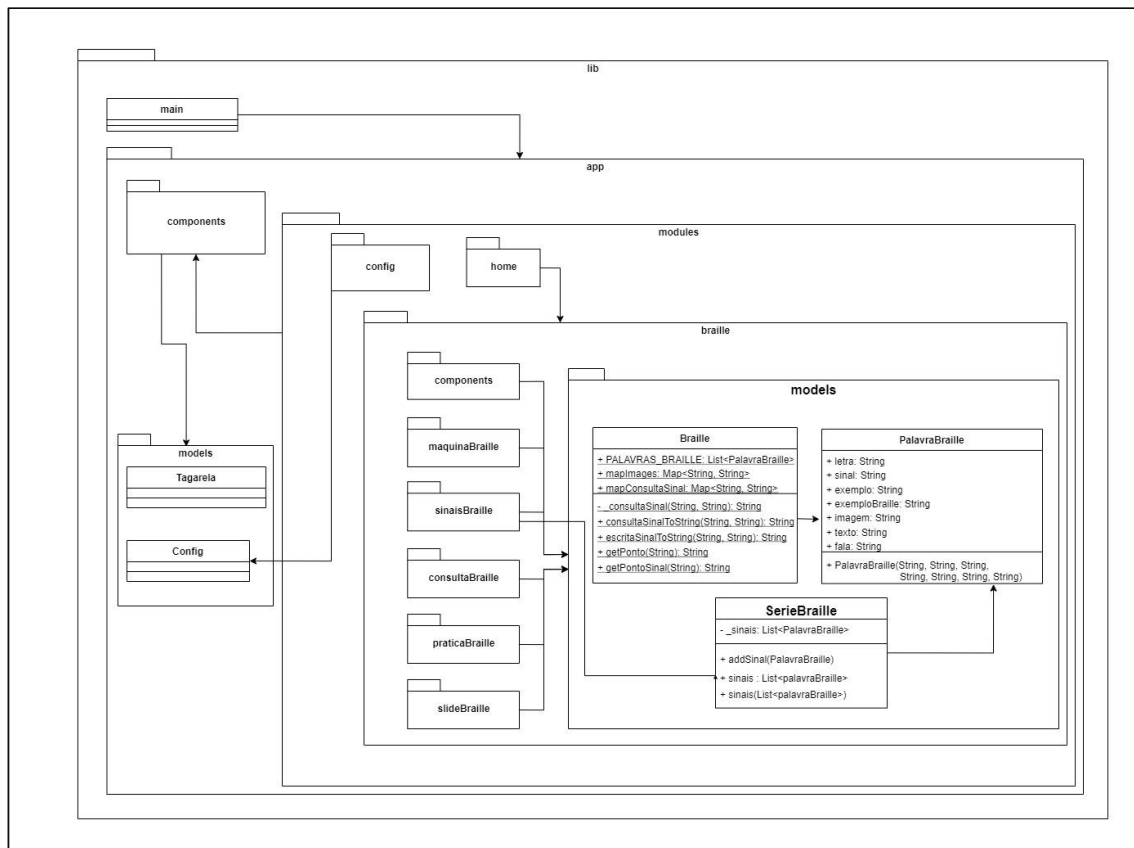
Figura 11 - Estrutura módulo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A divisão dos módulos e componentes ficou como representado na Figura 12, que também mostra as principais classes. Essa divisão foi feita para melhorar a organização dos próximos módulos a serem implementados. O aplicativo tem duas classes principais `PalavraBraille` e `Braille`. Onde `PalavraBraille` é a classe de estrutura das palavras usadas em todo o módulo braille. Já a classe `Braille` contém os métodos principais de conversão do sinal braille para a letra de tinta e vice versa, e todas as palavras braille usadas nas séries de sinais.

Figura 12 - Diagrama de pacotes



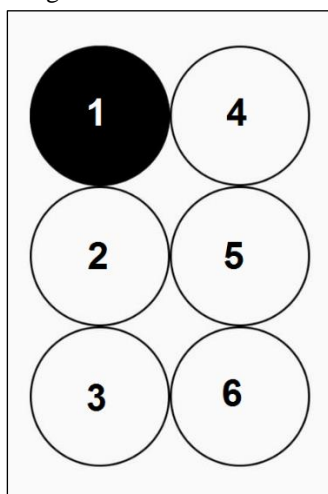
Fonte: Elaborado pelo autor.

O atributo `PALAVRAS_BRILLE` é uma lista de objetos `palavraBraille` e na tela `sinais` são divididas em sete series de `sinais`. Para isso na classe `SinaisBrailleController` é criado uma lista com sete `SerieBraille` e percorrida na página usando o componente `SinaisBrailleWidget` para mostrar os `sinais`. E ao clicar em um destes é exibido um exemplo para aquele sinal selecionado. Para os `sinais` braille foram criadas duas fontes específicas para esse projeto como mostra no APÊNDICE B. Uma fonte para as celas braille exibidos na tela de `sinais` e outra para os todos os outros `sinais` braille. Isso para que tenha uma melhor visualização dos `sinais` na tela de `sinais`. Como nem todos os `sinais` braille poderiam ter uma representação foi utilizado alguns caracteres especiais para representar certos `sinais` braille. Principalmente opção máquina Braille, em que o usuário pode digitar qualquer sinal e o texto em tinta é mostrado.

Os métodos `consultaSinalToString` e `escritaSinalToString` possuem a mesma funcionalidade, convertem sinal braille para um caractere, e para isso usam o método privado `_consultaSinal`. Esse método recebe

por parâmetro dois sinais braille em binário. Por exemplo o símbolo “a” em braille seria o ponto 1 da cela braille marcado e todos os outros desmarcados como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Pontos letra "a"



Fonte: elaborado pelo autor.

Para essa representação é convertido todos os pontos em binário 0 ou 1, quando 1 o ponto está marcado e 0 desmarcado, então a letra “a” seria 100000 onde os três primeiros dígitos seriam a primeira coluna da cela braille e os outros três seriam a segunda coluna. Como alguns sinais precisam de mais de uma cela, então é usado duas celas para converter em braille. A conversão é feita através do `map` `mapConsultaSinal` na qual a chave é o sinal braille em binário e o valor é o caractere como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Map Pontos braille

```
1 static Map<String, String> mapConsultaSinal = {
2     '001111' + '100000': '1',
3     '001111' + '110000': '2',
4     '001111' + '100100': '3',
5     '001111' + '100110': '4',
6     '001111' + '100010': '5',
7     '001111' + '110100': '6',
8     '001111' + '110110': '7',
9     '001111' + '110010': '8',
10    '001111' + '010100': '9',
11    '001111' + '010110': '0',
12    '100000' + '000000': 'a',
13    '110000' + '000000': 'b',
14    '100100' + '000000': 'c',
}
```

Fonte: Elaborado pelo autor.

A diferença entre os métodos `consultaSinalToString` e `escritaSinalToString` é que o `consultaSinalToString` trata sinais que não são escritos como, por exemplo o sinal que indica um número. Para isso são usadas constantes que em todo o aplicativo representam esse sinal. Pois para representar um número é utilizado uma cela com os pontos 3,4,5 e 6 marcados, e dependendo da próxima cela representar o número. Esse método é utilizado na tela de consulta em que deve mostrar o símbolo independente do sinal apresentado. Já o `escritaSinalToString` é usado na tela de prática e máquina Braille. Para utilizar esses métodos foi criado um componente `CelaBrailleWidget` que é composto por seis pontos formando uma cela braille. Esse componente retorna em binários quais pontos estão marcados, e assim podem ser usados pelos métodos de conversão descritos acima.

O componente principal para acessibilidade do aplicativo é o `GestureAccessibilityWidget`. Esse componente captura os gestos na tela e executa a ação dependendo dos gestos capturados. Para isso ele utiliza do componente `GestureTagarelaWidget` que através dos pontos x e y da posição dos gestos capturados na tela, retorna um `enum` que representa a posição como pode ser visto no trecho de código no Quadro 6. Também faz uso do componente `GestureDetector`, que executa um método sempre que um toque na tela é detectado e retorna os pontos x e y.

Quadro 6 - Metodo getPosition

```

1 PositionTap getPosition(double x, y) {
2   Size size = MediaQuery.of(context).size;
3   if (x < size.width * .5 && y < size.height * .33) {
4     return PositionTap.leftTop;
5   } else if (x > size.width * .5 && y < size.height * .33) {
6     return PositionTap.rightTop;
7   } else if (x < size.width * .5 && y < size.height * .66) {
8     return PositionTap.leftCenter;
9   } else if (x > size.width * .5 && y < size.height * .66) {
10    return PositionTap.rightCenter;
11   } else if (x < size.width * .5) {
12     return PositionTap.leftButton;
13   } else
14     return PositionTap.rightButton;
15 }

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para reproduzir os textos de forma dinâmica é usado a classe Tagarela que utiliza de um pacote flutter\_tts que ler e reproduz os textos nativamente. Alguns métodos foram criados para padronizar e reutilizar essa funcionalidade em todo o aplicativo. Por exemplo, através do método speak os textos são lidos e reproduzidos, e todos os controles de reprodução como controle do volume são feitos na própria classe.

A acessibilidade do aplicativo foi possível usando o componente GestureAccessibilityWidget e a classe Tagarela. As instruções iniciais e as ações a serem tomadas são passadas por parâmetros no momento de criação do componente (Quadro 7), internamente o componente utiliza o método speak para reproduzir os textos passados por parâmetros ou os retornados ao executar o método onTap e assim retornando o texto a ser reproduzido, as ações tomadas ao deslizar na tela são passadas por parâmetros através de uma lista de objetos OptionGesture, que contem a ação a ser executada e o texto a ser reproduzido.

Quadro 7 - Uso componentes acessibilidade

```

1 GestureAccessibilityWidget(
2   active: Tagarela.config.accessible,
3   onTap: (position) {
4     String pontos1 = Braille.getPontoSinal(controller.sinal1);
5     String pontos2 = Braille.getPontoSinal(controller.sinal2);
6     return '$(pontos1) ' ? 'Pontos primeira célula, ' + pontos1 : '' $
7     (pontos2) ' ? 'Pontos segunda célula, ' + pontos2 : '' $
8     (controller.letra) ' ? 'Letra: ' + controller.letra : '';
9   },
10  options: [
11    OptionGesture(
12      action: () {
13        cela = 1;
14      },
15      speak: 'Célula Braille 1, click duas vezes para confirmar',
16    ),
17    OptionGesture(
18      action: () {
19        cela = 2;
20      },
21      speak: 'Célula Braille 2, click duas vezes para confirmar'
22    ),
23  ],
24  primarySpeak:
25    'Consulta sinais braille, \n click na tela para marcar um ponto, \n
26    pontos 1 e 4 na parte superior, \n +
27    pontos 2 e 5 no centro e pontos 3 e 6 na parte inferior. \n
28    para navegar entre as células Braille arraste para o lado',
29)

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para agilizar o desenvolvimento de novas opções e funcionalidades foi usado a estrutura de módulos, em que cada módulo tem seus módulos filhos e componentes padrões apenas para o módulo específico ou para o filho. Como é o caso do CardLetraBrailleWidget que foi desenvolvido apenas para o módulo Braille. Mas existem também componentes que podem ser usados em todo o aplicativo, como é o caso do BoxTextWidget, que é o componente de caixa de texto existente na tela de máquina Braille. Isso foi feito para que os componentes possam ser reaproveitados e assim possibilitem uma padronização e agilizem o desenvolvimento de novos módulos para o aplicativo. Os componentes criados são sempre dinâmicos possibilitando assim o seu reuso, assim podendo ser utilizado.

## 4 RESULTADOS

Nessa seção serão apresentadas as considerações do autor, resultados dos testes realizados pelos usuários e um comparativo entre os correlatos e aplicativo desenvolvido.

### 4.1 COMPARATIVO COM CORRELATOS

Em comparação com os trabalhos correlatos, o aplicativo se mostrou mais completo e ainda sendo multiplataforma, proporcionando o uso por um número maior de usuários. Como pode ser observado no Quadro 8.

Quadro 8 - Comparativo com os correlatos

	Aprende Braille (UGEDO, 2016)	AbcNum (AQUINO, W. <i>et al.</i> 2015)	LêBraille (FAÇANHA <i>et al.</i> 2012)	Tagarela Braille
Plataforma	Android	Android	Android	Android, iOS
Feedback com áudio	Sim	Sim	Sim	Sim
Captura de gestos	Não	Não	Sim	Sim
Ensino de escrita	Não	Sim	Sim	Sim
Ensino de Leitura	Sim	Sim	Não	Sim
Consultar sinais braille	Sim	Não	Não	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 CONSIDERAÇÕES DO AUTOR

O Aplicativo foi desenvolvido para dispositivos Android e iOS usando o *framework* Flutter, e foi postado nas lojas de aplicativos app store e play store. Ambas as lojas já aprovaram o aplicativo, e o mesmo está disponível para downloads. Inicialmente foi pensado em utilizar os mesmos métodos utilizados no projeto do Lucas Cazagranda em 2016(ver seção 2.2), como o de utilização de imagens para representar os sinais braille. Mas tendo em vista que a utilização de imagens aumentaria o tamanho do aplicativo, e o intuito é que sejam adicionados novos módulos, o tamanho do aplicativo pode aumentar muito. Então foi criado as próprias fontes de texto, pois com elas além de diminuir o tamanho do aplicativo, deixou mais fácil e rápido o seu desenvolvimento. Assim como as fontes de texto o áudio também foi pensado na possibilidade de usar áudios pré-gravados, mas seria muito mais difícil de fazer com que os textos dinâmicos tivessem o resultado esperado. Além de disso também foi pensado em usar API's externas para realizar a leitura dos textos. Mas assim o modo acessibilidade só funcionaria on-line, então a melhor solução foi usar o pacote `flutter_tts`. A desvantagem desse pacote é que a versão mínima do Android suportado é a 5.0, mas como de acordo com a própria Google developer (2020) 94,1% dos usuários usam a versão 5.0 ou superior. Isso não se tornou um grande problema.

Nos testes realizados todas as funções foram executadas com êxito, e os áudios ficaram claros, apesar de que em alguns dispositivos a voz inicial ficou rápida, mas isso pode ser corrigido nas configurações. As instruções de áudio nas páginas são dadas de forma que o usuário possa utilizar a tela facilmente, mas talvez algumas instruções não seriam necessárias serem repetidas, uma vez que o usuário já esteja habituado com o aplicativo.

Na opção de `sinais` foi percebido uma dificuldade para navegar nos botões de navegabilidade com o modo acessibilidade ativo, provavelmente porque a detecção dos gestos esteja capturando o gesto de deslizar na tela em vez do de clique, para corrigir isso poderia ser capturado mais gestos, como o deslizar pra cima, e assim associar o gesto aos botões, além de que as instruções ficariam mais claras. Com modo acessibilidade desabilitado as funções funcionam perfeitamente, e os botões de navegação são bem intuitivos, os exemplos ficaram claros e o texto visível.

Na tela de `consulta` a usabilidade está boa, as instruções estão bem claras, tanto com o modo acessibilidade habilitado como desabilitado, mesmo para sinais com mais de uma cela braille os símbolos têm representação, e são apresentados imediatamente, essa tela ficou simples e objetiva.

Na opção de `prática` a tela ficou um pouco sem objetivo, apesar de acertar as letras faltantes o nível de dificuldade não aumenta, e ao acertar a letra não é informado para o usuário que a letra está correta ou errada, simplesmente a palavra é trocada. Talvez uma animação ao acertar ou errar a letra deixaria a funcionalidade mais didática e intuitiva. Mesmo assim o objetivo de praticar o que foi aprendido nos outros módulos foi alcançado, pois apesar de não ter um nivelamento da dificuldade das palavras, ainda assim o usuário consegue praticar.

A tela de `máquina Braille` não existia no projeto inicial do Lucas Cazagranda (2016), e foi criado para nesse projeto. Nessa tela os componentes visuais estão bem intuitivos, e o modo acessibilidade as instruções estão claras, os textos são lidos de forma dinâmica, ou seja, as palavras são lidas e não soletradas. Os textos estão bem visíveis, ao incluir símbolos com mais de uma cela braille ainda assim os textos têm correspondência com o texto em representação em tinta.

Todas as telas tiveram os resultados esperados, a transição entre telas e animações fluem de forma leve e não foram encontrados travamentos nas transições. O gerenciador de estado MobX facilitou a implementação, mas acredito que o uso de outro gerenciador de estados como GetX teria deixado o aplicativo ainda mais rápido e fácil implementação, principalmente por conta das compilações necessárias que poderá ficar um pouco lenta com a adição de novos módulos. A componentização além de facilitar a implementação trouxe o benefício de fazer os componentes seguirem um padrão, assim como os botões que se pode observar essa padronização outros componentes *header* da página, também utilizaram a componentização de componentes. Um outro grande benefício alcançado com a componentização é a possibilidade de utilização dos componentes de acessibilidade por outros aplicativos, tornando assim mais fácil a utilização em outros projetos e aumentando o número de aplicativos acessíveis.

### 4.3 TESTE DE UTILIZAÇÃO

Para coleta de dados foi utilizado um formulário que pode ser visto no APÊNDICE C. Este formulário instruiu os usuários a instalarem o aplicativo e executar funções básicas. Para os usuários sem deficiência visual foi encontrado grande dificuldade de executar as funções com o modo acessibilidade ativo, então todos as respostas foram com o modo acessibilidade desabilitados. Os testes foram realizados com 10 usuário na faixa etária entre 19 e 57 anos, na qual 90% desses conheciam, mas não sabiam ler braille e 10% nunca ouviu falar. Destes usuários 80% consideraram que o aplicativo tem boa usabilidade e 10% consideraram a usabilidade regular ou péssima, tanto para pessoas com deficiência como para pessoas sem deficiência. Acreditasse que essa nota baixa devesse ao fato de que o modo acessibilidade é ativado por padrão e alguns usuários não conseguiram usar o aplicativo normalmente. Isso poderia ser solucionado com uma melhor instrução aos usuários, por exemplo um guia de primeiros passos.



Não foi realizado testes com deficientes visuais, mas ao simular a ausência da visão provou que a utilização do aplicativo se mostrou eficaz mesmo por usuários sem visão, necessitando apenas um tempo para o usuário se habituar com as funcionalidades, mesmo que os teste não fossem precisos essa simulação serviu como guia para pessoas que perderam a visão recentemente.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou um aplicativo que pode auxiliar no aprendizado do braille utilizando o conceito de componentização para incentivar a criação de novos módulos. Ao longo deste artigo foi descrito as funcionalidades, implementação e ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste aplicativo.

*F. n. a. m.*

A ideia inicial do aplicativo idealizada por Lucas Cazagrande (2016), era que o aplicativo auxiliasse aos professores, pais de deficientes visuais ou entusiastas do braille, tornando o ambiente em volta do deficiente visual mais acessível, mas o aplicativo descrito nesse artigo tornou possível a utilização por pessoas com pouca ou total perda de visão, isso sem perder a essência inicial, pois ainda possibilita que pessoas normovisuais possam utilizar o aplicativo. O aplicativo se mostrou eficiente apesar de ainda haver melhorias a serem feitas, como por exemplo mais instruções aos usuários e algumas melhorias em telas para tornar o aplicativo mais intuitivo. Muitas vezes algumas funcionalidades por si só não serão suficientes para o total aprendizado do braille, por isso a ferramenta busca auxiliar o aprendizado, servindo como mais uma ferramenta de inclusão. A grande maioria dos aplicativos não possuem uma acessibilidade, e esse sendo uma ferramenta voltada a aprendizado do braille não poderia deixar de ser inclusiva.

De acordo com os dados coletados o aplicativo cumpriu com o objetivo de auxiliar o aprendizado do braille, e com o modo acessibilidade permitiu o acesso ao aplicativo a usuários com deficiência visual. Todas as telas tiveram um bom desempenho e suas funcionalidades ficaram claras para os usuários sem e com deficiência visual, o áudio com as instruções foram bem didáticas para passar as informações necessárias para os usuários.

A estrutura apresentada facilita a criação de novos módulos e até mesmo a remoção de módulos existentes, caso o desenvolvedor queira criar os módulos individualizados e posteriormente adicioná-lo ao aplicativo, caso tenha sido criado com a mesma estrutura. Os componentes são dinâmicos permitindo serem utilizados em outros projetos ou em outros módulos.

Apesar de todas os objetivos alcançados pelo aplicativo pode-se perceber que além da inclusão de novos módulos, algumas funcionalidades poderiam tornar o aplicativo mais completo. E ficam como sugestões para trabalhos futuros:

- criar *login* para o aplicativo salvar o progresso dos usuários;
- incluir novos módulos para o aplicativo Tagarela;
- criar funcionalidade de conversão de texto do alfabeto escrito para o braille;
- migração para versão *web*;
- criação de novos exercícios para a prática Braille;
- tornar as configurações do aplicativo acessíveis.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, Wermeson *et al.* AbcNum Braille: Proposta de um Aplicativo para Auxiliar no Aprendizado do Alfabeto Braille para Pessoas com Baixa Visão. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE, XXVI. 2015, **Anais...** Disponível em: <https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5372/3733>. Acesso em: 27 nov. 2020.

BRASIL. Lei nº 7853, de 24 de outubro de 1989. Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L7853.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7853.htm). Acesso em: 27 nov. 2020.

CAZAGRANDA, Lucas. **aprendendo braille**: o ensino do sistema braille com o uso do tagarela. 2016. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau.

CIVIAN. **Você sabe o que é reglete?**, [2017?]. Disponível em: <https://www.civiam.com.br/blog/voce-sabe-o-que-e-reglete/>. Acesso em: 27 nov. 2020.

COSTA, Renata. **Como funciona o sistema Braille?**, [2009]. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/397/como-funciona-sistema-braille>. Acesso em: 27 nov. 2020.

FAÇANHA, Agebson et al. Auxiliando o Processo de Ensino-Aprendizagem do Braille Através de Dispositivos Touch Screen. **Informática na educação: teoria & prática**. Porto Alegre, v.15, n.2, jul./dez. 2012.

Google Developers. **Painel de distribuição** [2020]. Disponível em: <https://developer.android.com/about/versions/android-5.0.html>. Acesso em: 29 nov. 2020.

IBGE (Org.). **Conheça o Brasil - População: PESSOAS COM DEFICIÊNCIA**. [2017?]. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/20551-pessoas-com-deficiencia.html>. Acesso em: 28 nov. 2020.

INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. **O Sistema Braille**. [2018]. Disponível em: [http://www.abc.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=675:o-sistema-braille&catid=121&Itemid=373](http://www.abc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=675:o-sistema-braille&catid=121&Itemid=373). Acesso em: 27 nov. 2020.

MARTA GIL(Org.). **Caderno da tv escola: deficiência visual**. Brasília: Secretaria de Educação, 2000. 80 p.

MASINI, Elcie F. Salzano; GASPARETTO, Maria Elisabete Rodrigues Freire (Org.). **Visão subnormal: Um enfoque educacional**. São Paulo: Vetor, 2007.

OLIVEIRA, Regina. **Braille nos dias de hoje: objeto de vitrine ou ferramenta indispensável?**. 2016. Disponível em: <https://www.fundacaodorina.org.br/blog/braille-nos-dias-de-hoje-objeto-de-vitrine-ou-ferramenta-indispensavel/>. Acesso em: 28 nov. 2020.

OLIVEIRA, Renato Gonçalves de (Ed.). **Desenvolvimento baseado em componentes**: Revista Java Magazine 110. 2012. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/desenvolvimento-baseado-em-componentes-revista-java-magazine-110/26550>. Acesso em: 08 set. 2019.

OTSUKA, Daniela. **Braille** 2010. Disponível em: <https://www.infoescola.com/portugues/braile/>. Acesso em: 29 nov. 2020.

RAIM, Samyr Abdo Nunes. **Os 5 grandes desafios no processo de Desenvolvimento de Software**. 2010. Disponível em: [https://www.oficinadanet.com.br/artigo/desenvolvimento/os\\_desafios\\_no\\_processo\\_de\\_desenvolvimento\\_de\\_software](https://www.oficinadanet.com.br/artigo/desenvolvimento/os_desafios_no_processo_de_desenvolvimento_de_software). Acesso em: 29 nov. 2020.

ROLLINGS, Andrew; MORRIS, Dave. **Game Architecture and Design**: A New Edition. Indiana: New Riders, 1999. p. 742

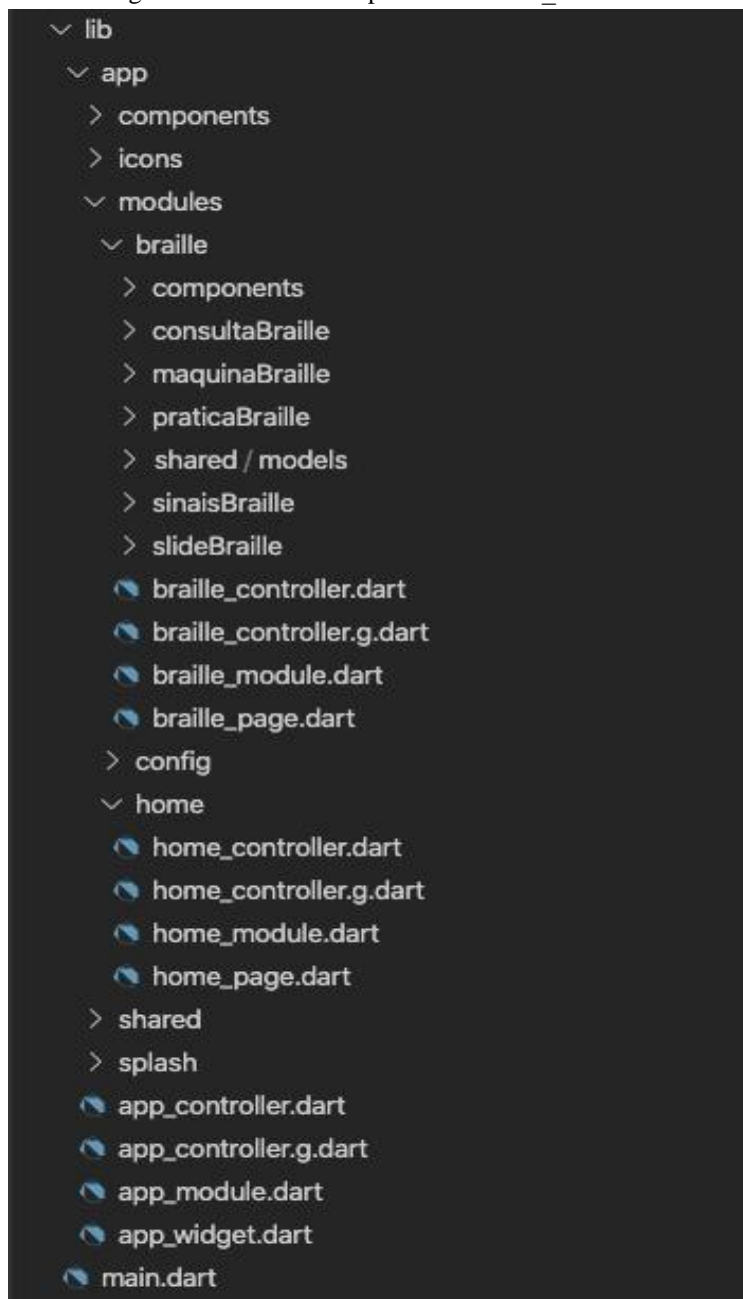
UGEDO, Mario. **Aprende Braille**. 2016. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.comoelagua.android.braille>. Acesso em: 17 nov. 2020.



## APÊNDICE A – ESTRUTURA DE PASTAS FLUTTER MODULAR

Na Figura 14 apresenta a estrutura de pastas utilizada pelo `flutter_modular`.

Figura 14 - Estrutura de pastas `flutter_modular`


































































Fonte: Elaborado pelo autor.

## APÊNDICE B – ARQUIVO FONTES CALLIGRAPHR

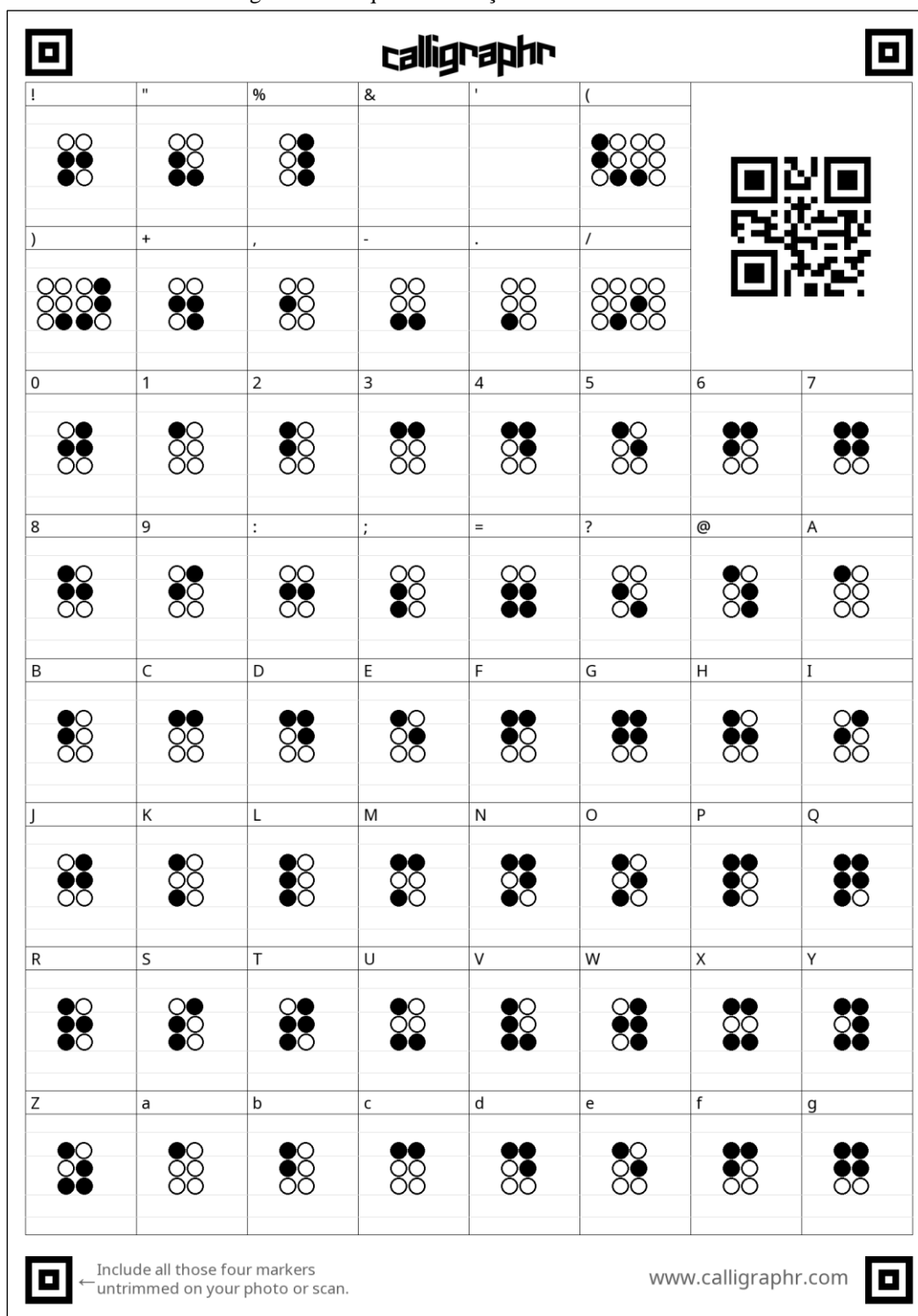
Neste apêndice são apresentados alguns dos arquivos utilizados para criação das fontes dos sinais Braille. A Figura 15 mostra o arquivo que foi utilizado para criar a fonte sem borda utilizada em todo o aplicativo. Já a Figura 16 o arquivo utilizado para criação da fonte com borda utilizada na tela de `signal`.

Figura 15 - Arquivo de criação de fonte sem borda

<div>  <span>calligraphr</span>  </div>							
!	"	%	&	'	(		
							
)	+	,	-	.	/		
							
0	1	2	3	4	5	6	7
							
8	9	:	;	=	?	@	A
							
B	C	D	E	F	G	H	I
							
J	K	L	M	N	O	P	Q
							
R	S	T	U	V	W	X	Y
							
Z	a	b	c	d	e	f	g
							
<div>  <span>Include all those four markers ← untrimmed on your photo or scan.</span> <span>www.calligraphr.com</span>  </div>							

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Arquivo de criação de fonte com borda

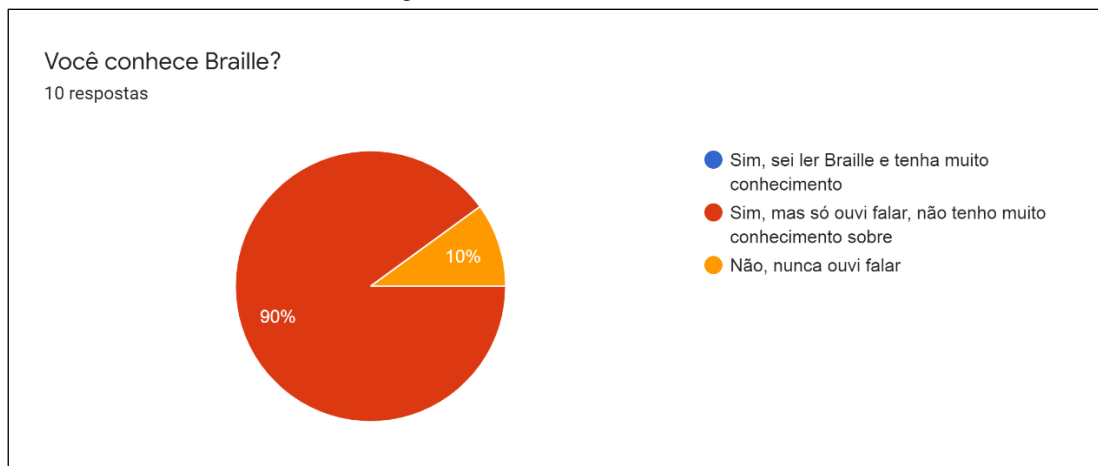


Fonte: Elaborado pelo autor.

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO

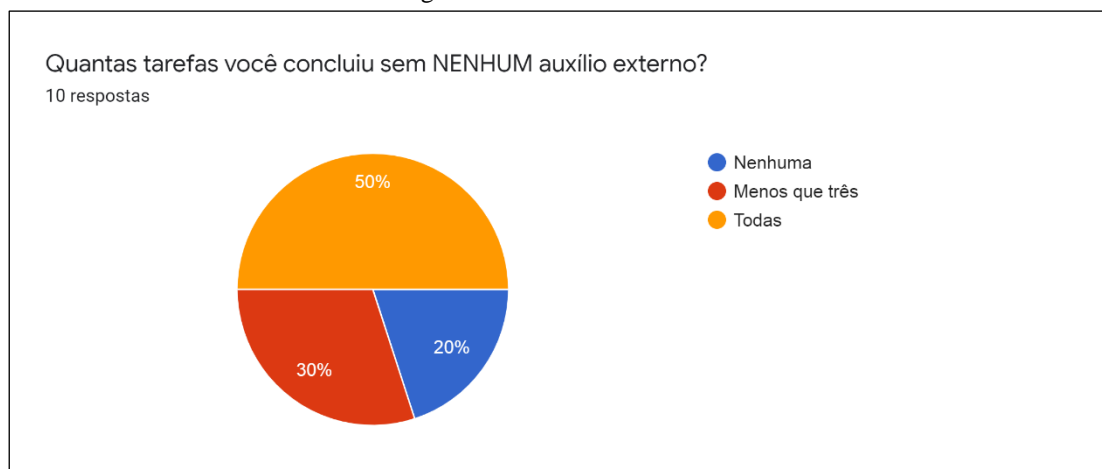
O questionário foi realizado com dez usuários que seguiram uma série funcionalidades do aplicativo, dentre esses 10% nunca tinha ouvido falar, e o restante só ouviu falar, mas não tinha conhecimento sobre (Figura 17). Na Figura 18 mostra que 50% conseguiu concluir todas as funcionalidades sem auxílio externo. Dos usuários que testaram o aplicativo 90% classifica a usabilidade do aplicativo como boa ou excelente. E 90% consideram que o aplicativo cumpriu com o objetivo de estimular o ensino do Braille.

Figura 17 - Conhecimento Braille



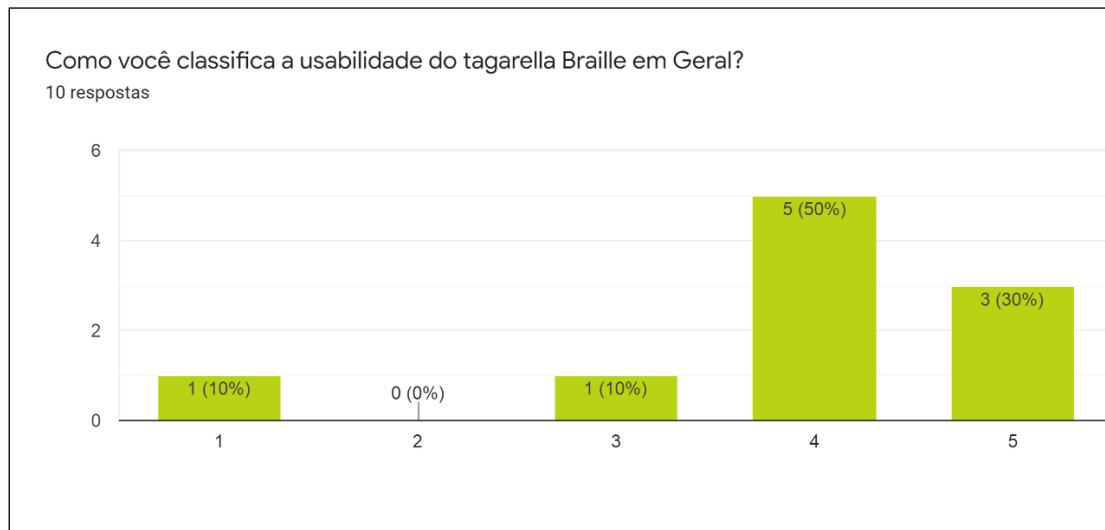
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Tarefas concluídas



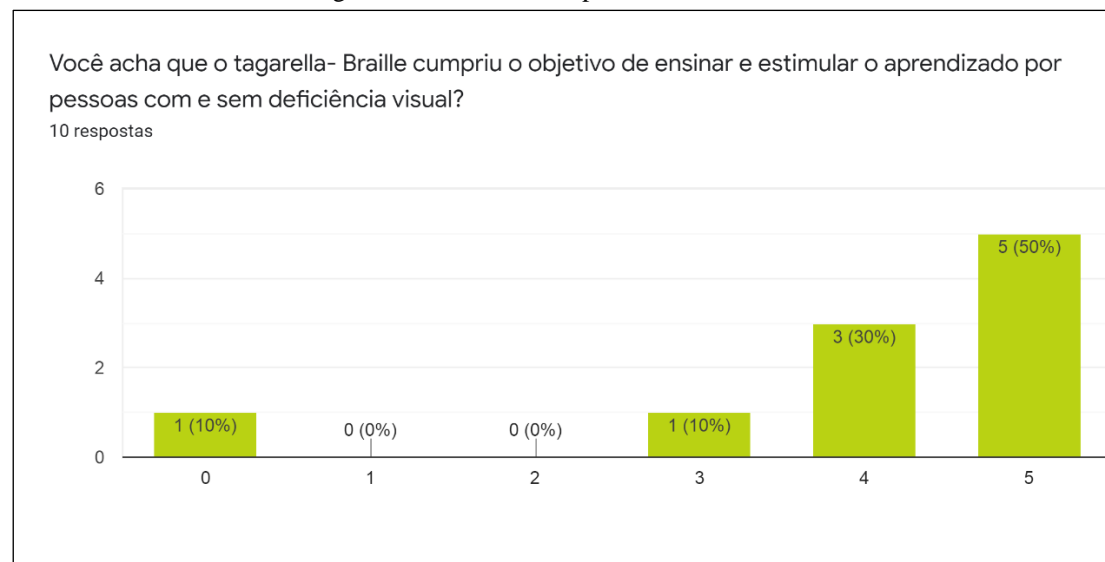
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 - Classificação de usabilidade



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 - Estímulo ao aprendizado do Braille



Fonte: Elaborado pelo autor.