

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Samuel Guimarães Landre

Sistema embarcado de placar e relógio de basquete: um projeto de baixo custo e
uso flexível

Florianópolis

2024

Samuel Guimarães Landre

Sistema embarcado de placar e relógio de basquete: um projeto de baixo custo e uso flexível

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Sistemas de Informação do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Alex Sandro Roschildt Pinto

Florianópolis

2024

Landre, Samuel Guimarães

Sistema embarcado de placar e relógio de basquete : um projeto de baixo custo e uso flexível / Samuel Guimarães Landre ; orientador, Alex Sandro Roschildt Pinto, 2024.

63 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Sistemas de Informação, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Sistemas de Informação. 2. Basquete. 3. Baixo Custo. 4. Embarcado. I. Pinto, Alex Sandro Roschildt. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Sistemas de Informação. III. Título.

Samuel Guimarães Landre

Sistema embarcado de placar e relógio de basquete: um projeto de baixo custo e uso flexível

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso Sistemas de Informação.

Florianópolis, Dezembro de 2024.



Coordenação do Curso

Banca examinadora



Prof. Alex Sandro Roschildt Pinto

Orientador



Prof. Frank Augusto Siqueira

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Jean Carlo Rossa Hauck

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024.

RESUMO

Mecanismos de placar e relógio de basquete podem ser usados tanto em competições quanto em treinos do esporte. As soluções atuais no mercado que são utilizadas em competições de nível universitário possuem valor elevado e funcionalidades limitadas, além de necessitarem de vários operadores com bom conhecimento do equipamento e regras do jogo. Com este projeto busca-se uma alternativa de baixo custo e que possa ser utilizada tanto em ambientes de competição quanto operada de maneira facilitada em situações de treino. Tal projeto foi desenvolvido após a análise de trabalhos correlatos. Foi escolhida a plataforma Arduino para o sistema embarcado, assim como o uso de *displays* de 7 segmentos para a representação visual. Em seguida foi realizada a prototipação do sistema embarcado utilizando uma plataforma de simulação e um protótipo físico de escala reduzida. Com a conclusão do projeto busca-se democratizar o acesso a placares eletrônicos de basquete, principalmente em competições amadoras e ambientes com limites orçamentários.

Palavras-chave: baixo-custo; embarcado; basquete.

ABSTRACT

Basketball scoreboard and clock mechanisms can be used both in competitions and in sports training. Current solutions on the market that are used in university-level competitions have high costs and limited functionality, in addition to requiring multiple operators with good knowledge of the equipment and ruleset of the game. This project seeks a low-cost alternative that can be used both in competition environments and easily operated in training situations. This project was developed after analyzing related works. The Arduino platform was chosen for the embedded system, as well as the use of 7-segment displays for the visual representation. Next, the embedded system was prototyped using a simulation platform and a small-size prototype. With the completion of the project, the goal is to democratize access to electronic basketball scoreboards, mainly in amateur competitions and environments with limited budgets.

Keywords: low-cost; embedded; basketball.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 TRABALHOS CORRELATOS	11
2.2 DESENVOLVIMENTO EM SIMULADOR	12
2.3 REPRESENTAÇÃO VISUAL	13
2.4 DESENVOLVIMENTO MÓVEL MULTIPLATAFORMA	15
3 DESENVOLVIMENTO	16
3.1 ENGENHARIA DE REQUISITOS	16
3.1.1 Análise dos requisitos	18
3.2 A APLICAÇÃO MÓVEL	21
3.2.1 Desenvolvimento da primeira versão da aplicação móvel	21
3.2.2 Desenvolvimento da segunda versão da aplicação móvel	22
3.2.3 Desenvolvimento da terceira versão da aplicação móvel	23
3.3 O SISTEMA EMBARCADO	27
3.3.1 Desenvolvimento do primeiro protótipo embarcado	27
3.3.2 Desenvolvimento do segundo protótipo embarcado	28
3.3.2.1 Desenvolvimento do protótipo físico	30
3.3.3 Desenvolvimento do segundo protótipo físico	33
4 TESTES E AVALIAÇÃO DO SISTEMA	35
4.1 METODOLOGIA DE TESTE	35
4.1.1 Testes durante o desenvolvimento	35
4.1.2 Teste de avaliação	35
4.2 CENÁRIO DE AVALIAÇÃO	36
4.3 RESULTADO DA AVALIAÇÃO	38
4.4 AVALIAÇÃO DE CUSTOS	41
5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A - PROTÓTIPOS E TESTES	47
APÊNDICE B - CÓDIGO DO SISTEMA	48
APÊNDICE C - ARTIGO	49

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, os placares eletrônicos utilizados em competições de basquete apresentam diversos desafios, como o custo, dificuldade de operação e limitações de utilização. Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema que visa superar essas barreiras, proporcionando uma solução mais acessível e de fácil operação.

Um dos principais motivadores para o desenvolvimento deste projeto foi a busca por trazer uma opção de custo reduzido. Os placares eletrônicos disponíveis no mercado tendem a ter um preço elevado, principalmente as versões mais completas e profissionais.

Figura 1 - Exemplo de valores de placares eletrônicos



PLACAR ELETRÔNICO POLO AQUÁTICO - MODELO 02
R\$6.990,00

Placar eletrônico é o item indispensável para sua quadra poliesportiva ficar completa e exibir os pontos dos jogos com maior confiabilidade e precisão por cada equipe. Desenvolvido com tecnologia de ponta e responsabilidade dentro das normas estabelecidas. Com luz de LED, pode ser adquirido em duas voltagens: 110 ou 220 volts, usando bateria ou cabo de fonte.

COMPRAR  ADICIONAR AOS FAVORITOS

 COMPARAR PRODUTO



PLACAR ELETRÔNICO POLIESPORTIVO - MODELO 01
R\$7.139,00

Placar eletrônico é o item indispensável para sua quadra poliesportiva ficar completa e exibir os pontos dos jogos com maior confiabilidade e precisão por cada equipe. Desenvolvido com tecnologia de ponta e responsabilidade dentro das normas estabelecidas. Com luz de LED, pode ser adquirido em duas voltagens: 110 ou 220 volts, usando bateria ou cabo de fonte.

COMPRAR  ADICIONAR AOS FAVORITOS

 COMPARAR PRODUTO

Fonte: Retirado de <https://www.jvesportes.com.br/placares-eletronicos.html>. Acesso em 18/11/2024.

Tozetto *et al.* (2018, p.295), em um estudo sobre os desafios de treinadores de basquetebol, traz: “Sobre os desafios para gerir a prática, um dos principais temas destacados foi a falta de recursos financeiros”. Nesse cenário faz sentido a busca por reduzir os custos com equipamentos para grupos com recursos financeiros limitados, como competições amadoras, ligas universitárias ou escolas com orçamentos restritos.

Outro fator relevante é a dificuldade de operação dos placares eletrônicos existentes. Dentro das regras oficiais definidas pela Confederação Brasileira de Basketball (2022), três oficiais de mesa são dedicados exclusivamente para a operação do placar e relógio da partida. Também é válido mencionar que em cenários profissionais os responsáveis por tais funções são oficiais de arbitragem que passaram por um processo de formação de árbitros.

Com o intuito de facilitar a operação do placar, se propõe utilizar um aplicativo móvel para o controle do placar, que pode ser operado por apenas um usuário. Essa abordagem permite que os operadores utilizem seus próprios dispositivos móveis, os quais estão amplamente disponíveis e são de uso comum. Além disso, busca-se eliminar a necessidade de treinamento específico, tornando a operação mais intuitiva e acessível.

O Arduino é uma plataforma de hardware open source, de fácil utilização, ideal para a criação de dispositivos que permitam interação com o ambiente, dispositivos estes que utilizem como entrada sensores de temperatura, luz, som etc., e como saída leds, motores, displays, auto-falantes etc., criando desta forma possibilidades ilimitadas (Souza et al, 2011, p. 2).

Levando isso em conta e o contexto apresentado anteriormente, essa foi a plataforma escolhida para o desenvolvimento do sistema embarcado do projeto. Essa decisão foi baseada em dois aspectos principais: o valor de aquisição e a relativa facilidade para reproduzir o mesmo sistema.

Com a combinação do controle via aplicativo móvel e a utilização da plataforma Arduino, busca-se oferecer uma solução abrangente, acessível e de fácil reprodução. Ao reduzir a complexidade e o custo dos placares eletrônicos, é almejada a democratização do acesso a esses sistemas, especialmente em grupos com orçamento reduzido e competições amadoras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Busca-se desenvolver um sistema embarcado de um placar, relógio de partida e relógio de arremesso de basquete. Tal sistema engloba tanto a escolha e montagem das peças de hardware que compõem o placar quanto o software responsável por controlar e representar as informações deste placar. O sistema deve ter um custo menor do que as alternativas disponíveis no mercado atualmente sem abrir mão das características necessárias para seu uso em competições de nível universitário.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral supracitado foram definidos também pontos específicos a serem buscados:

- Realizar a escolha de componentes que permitam um custo total de projeto reduzido, mas também sem tornar o projeto difícil de ser replicado e comprometer a funcionalidade do sistema.
- Desenvolver um sistema embarcado responsável pelo controle e representação de painéis de LED referentes ao relógio de partida, relógios de posse, placar das equipes e informações adicionais da partida (período, faltas, tempos técnicos e nome das equipes).
- Desenvolver uma aplicação mobile responsável pelo controle do sistema anterior e também coleta e registro de informações referente a súmula de uma partida. Tal sistema de controle também deve permitir uma operação facilitada, sem a necessidade de dois operadores treinados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Foram analisados trabalhos semelhantes já existentes, buscando identificar a existência de uma base na qual este projeto possa incrementar. Após essa análise em seguida foram estudadas tecnologias e técnicas a serem utilizadas no projeto.

Para a busca de trabalhos foi utilizada a plataforma Google Scholar. Nela foram pesquisados termos relacionados ao sistema a ser desenvolvido, assim como suas respectivas traduções em inglês. O Quadro 1 traz parte dos termos e traduções pesquisados durante a busca por trabalhos correlatos.

Quadro 1 - Alguns dos termos pesquisados na busca por trabalhos correlatos

Termo	Tradução
Placar eletrônico	Electronic scoreboard
Baixo custo	Low cost
Sete segmentos	Seven segment
Embarcados	Embedded
Arduino	.
Multiplataforma	Cross-platform
React Native	.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante a busca também foram utilizadas outras variações e combinações de palavras, a depender da relevância dos resultados da busca inicial. “Placar eletrônico”, por exemplo, foi uma variação de uma busca inicial por “Placar”, onde os resultados tinham sido em sua grande maioria estudos sobre os resultados de partidas, e não o equipamento em si.

2.1 TRABALHOS CORRELATOS

Durante a análise de trabalhos correlatos foram encontrados diversos exemplos que abordam algum dos temas presentes no projeto proposto de forma

individual. Entretanto não foi possível encontrar algum que abordasse de forma conjunta.

Boa parte dos estudos que abordam a plataforma Arduino fazem-o em ambientes de uso educacionais. Placas de baixo custo são usadas para obter dados de experimentos físicos em um trabalho por Souza *et al.* (2011). De maneira semelhante ao trazido também em um artigo por Kubínová e Šlégr (2015). Estes e outros trabalhos trazem o uso da plataforma Arduino para a aquisição de informação, com a entrada de dados por sensores.

Existem também alguns trabalhos que usam placas arduinos para a exibição de dados. Mujčić e Drakulić (2016) trazem a exibição em uma matriz de LEDs, enquanto Puhmann (2015) traz o uso de *display* de 7 segmentos em artigos instrucionais.

Apesar de não haver pesquisas que englobam todos os assuntos relevantes a este projeto, a extração de informações específicas de cada trabalho traz um bom ponto de partida.

2.2 DESENVOLVIMENTO EM SIMULADOR

Tinkercad Circuits é uma plataforma online que permite a criação e simulação de circuitos eletrônicos de forma virtual. Ela faz parte da plataforma Tinkercad, que é um ambiente de modelagem 3D e design eletrônico online, desenvolvido pela Autodesk.

As vantagens da utilização de *softwares* para a prática de projetos eletrônicos estão relacionadas ao custo, já que não se faz necessária, obrigatoriamente, a compra dos materiais para testar o circuito; à rapidez nos testes, devido à facilidade de modificação do circuito; e à segurança, pois evitam o contato direto com possíveis erros de curtos-circuitos que geram faíscas em situações reais (De Freitas *et al.*, 2023, p. 3).

A plataforma possui algumas limitações de componentes e funcionalidades que seriam úteis neste projeto. Porém levando em conta seus benefícios, especialmente em relação a facilidade de prototipação, é muito útil para o avanço do projeto.

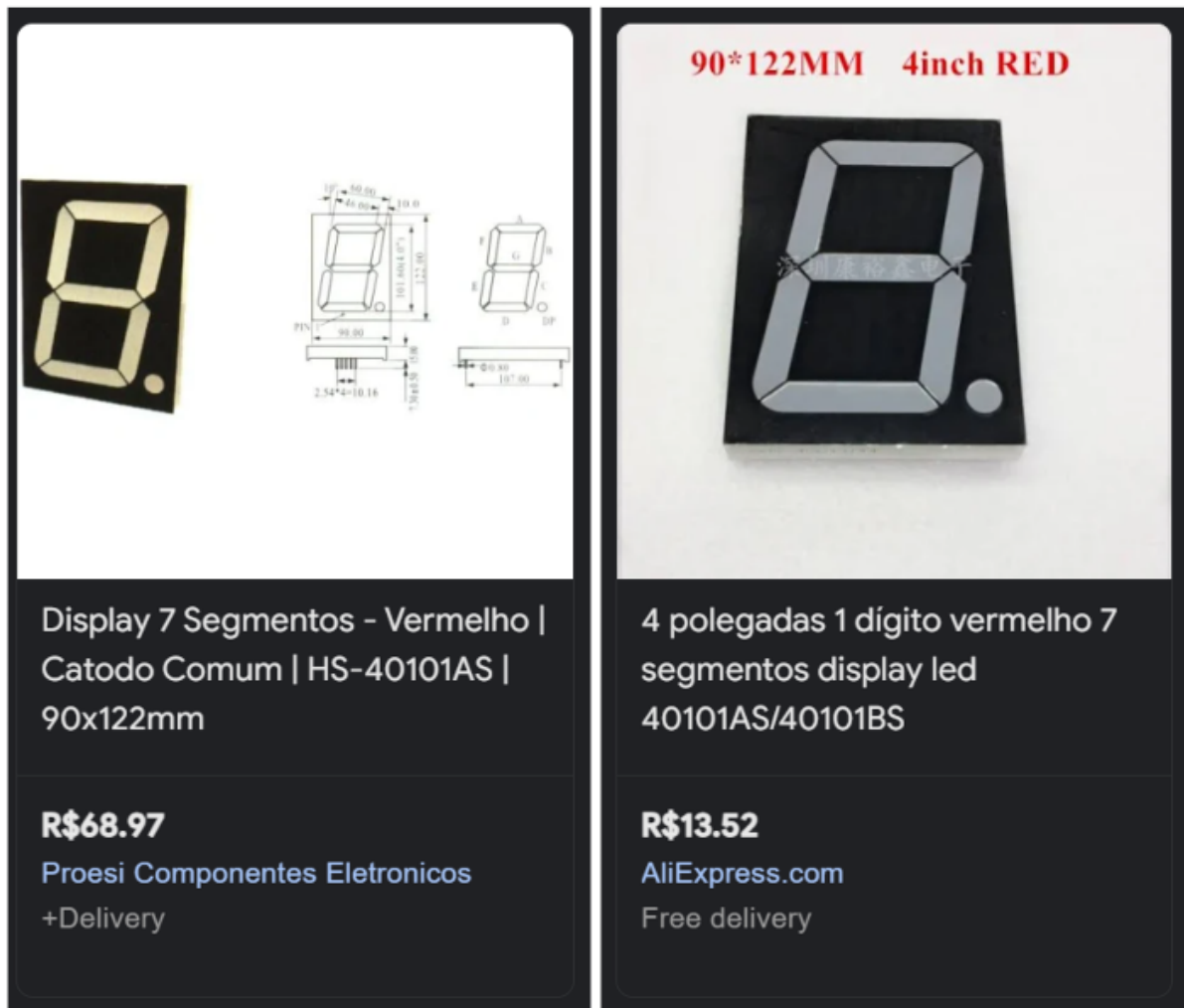
2.3 REPRESENTAÇÃO VISUAL

Displays de LED de 7 segmentos foram largamente utilizados como elementos de comunicação visual em painéis, instrumentos etc. A vantagem de se utilizar esse tipo de componente é que a disposição dos segmentos de LEDs, os tamanhos dos displays e a disposição e numeração dos pinos é na sua maioria padronizada, permitindo assim que se utilize displays de múltiplos fabricantes, sem prejuízos. São intercambiáveis (Puhlmann, 2015, p. 1).

Levando isso e outros fatores em conta, eles foram a primeira escolha para a representação visual do projeto. A alta disponibilidade e o relativo baixo custo de aquisição também influenciaram esta decisão.

Entretanto, durante uma busca mais detalhada sobre os custos do sistema foi possível notar que talvez esses *displays* em tamanhos maiores tornarão o projeto mais custoso do que o antecipado. Isso se dá em razão dos mesmos não estarem disponíveis para aquisição em mercado nacional, somente através de importação. Será necessária uma análise mais detalhada sobre o mercado desses *displays* importados e sua viabilidade para a fácil replicação do projeto desenvolvido.

Figura 2 - Exemplos de *displays* disponíveis nacionalmente e importados



Display 7 Segmentos - Vermelho |
Catodo Comum | HS-40101AS |
90x122mm

R\$68.97

Proesi Componentes Eletronicos
+Delivery

4 polegadas 1 dígito vermelho 7
segmentos display led
40101AS/40101BS

R\$13.52

AliExpress.com
Free delivery

Fonte: Capturado pelo autor. Disponível em <https://www.google.com/search?tbm=shop&hl=en&psb=1&q=display+de+7+segmentos&oq&client=products-cc>. Acesso em 18 nov. 2024.

Porém mesmo que os *displays* de 7 segmentos tenham que ser substituídos por outra estrutura, como uma sequência de LEDs individuais, por exemplo, isso não trará um impacto tão negativo para o projeto. A razão disso é que a lógica de representação visual pode ser mantida. Ao invés de uma saída estar conectada a um dos sete segmentos do *display*, ela passa a ligar uma fita ou sequência de LEDs. A dificuldade adicionada passa a ser justamente a configuração física dessas fitas ou sequências, uma vez que essa abordagem seria basicamente construir um *display* de 7 segmentos do zero.

2.4 DESENVOLVIMENTO MÓVEL MULTIPLATAFORMA

O desenvolvimento multiplataforma em geral se refere ao ato de desenvolver software independente de plataforma. Esse tipo de software pode ser executado em vários dispositivos e sistemas operacionais e deve funcionar da mesma forma, independentemente do ambiente em que está sendo executado (Kuitunen, 2019, p. 7, tradução própria)

Um *framework cross-plataform*, como o React Native, é capaz de reduzir o tempo de desenvolvimento e, portanto, o custo de aplicativos móveis adequados para Android e dispositivos iOS (Hansson; Vidhall, 2016, p. 61, tradução própria). Ao utilizar o React Native para o desenvolvimento da aplicação móvel torna-se possível ampliar o acesso do projeto, sem necessariamente aumentar o tempo de desenvolvimento.

Em sua documentação oficial, React Native se define como um *framework* de código aberto para construir aplicações Android e iOS. A mesma documentação também traz: “Com React Native, você usa JavaScript para acessar as APIs da sua plataforma, bem como para descrever a aparência e o comportamento da sua UI usando componentes React [...]”(React Native, 2024, tradução própria).

Dentro de sua documentação, React Native também recomenda a utilização em conjunto com o *framework* Expo.

“O pacote expo fornece um conjunto de recursos que facilitam desenvolver e escalar de aplicativos React Native complexos. Você pode instalar expo em praticamente qualquer aplicativo React Native”(Expo, 2024, tradução própria).

3 DESENVOLVIMENTO

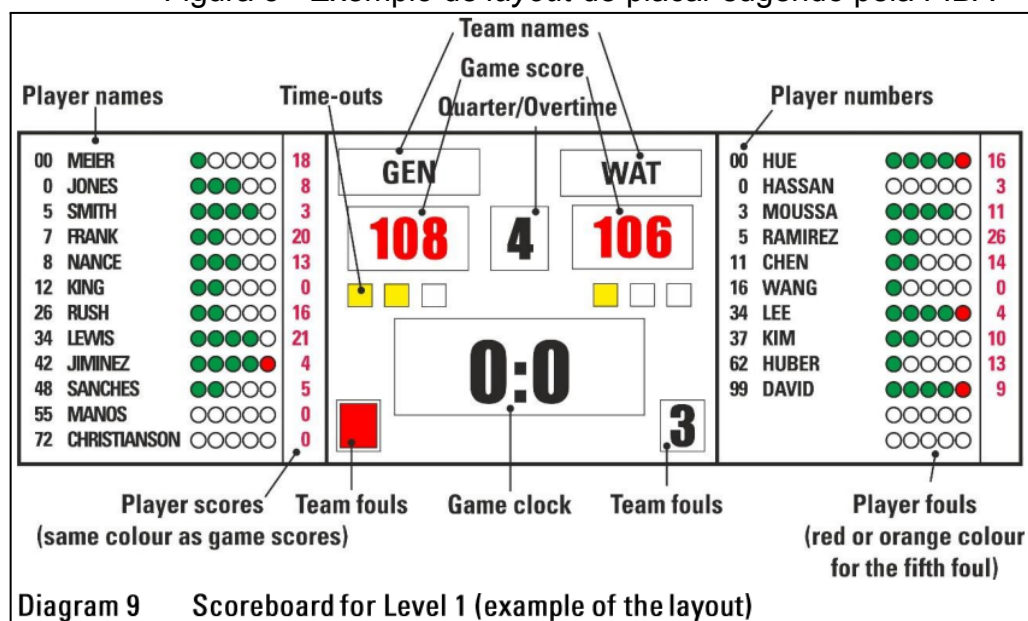
O desenvolvimento do sistema proposto pode ser dividido em duas frentes: O desenvolvimento do sistema embarcado de funcionamento e representação visual do placar e relógio e o desenvolvimento da aplicação móvel responsável pelo controle das informações de entrada no sistema embarcado.

3.1 ENGENHARIA DE REQUISITOS

Para o planejamento do sistema a ser desenvolvido foram considerados os cenários de utilização do placar a ser construído. Primeiramente levou-se em conta as regras da Confederação Brasileira de Basketball (2022), principalmente no que diz respeito às funções do assistente do apontador (Art.48), cronometrista (Art.49) e operador de 24 segundos (Art.50). Dentro deste conjunto de regras é possível extrair as informações que precisam ser representadas pelo placar e relógio.

Outra fonte de informações para os requisitos do projeto foi o guia de equipamentos da Federação Internacional de Basquete (FIBA), que traz uma descrição detalhada das características físicas necessárias para um placar a ser utilizado em competições da federação.

Figura 3 - Exemplo de *layout* de placar sugerido pela FIBA



Fonte: Extraído do conjunto de regras e equipamento da FIBA. Disponível em

<https://assets.fiba.basketball/image/upload/documents-corporate-fiba-official-rules-2024-official-basketball-rules-and-basketball-equipment.pdf>. p.14. Acesso em 18 dez. 2024.

Entretanto vale ressaltar que algumas das especificações implicam em um custo mais elevado do projeto, o que prejudicaria a replicação do placar para competições de menor nível.

Tendo isso em vista, a Federação Catarinense de Basketball (FCB) traz um conjunto de requisitos mais em linha com o cenário de utilização almejado pelo projeto:

[...] colocar à disposição, quando solicitado, dos Oficiais de Arbitragem e Representante da FCB material necessário para a realização do jogo, conforme Art. 3º das Regras Oficiais: tabelas, aros com redes e suportes, placar eletrônico com cronômetro regressivo, marcador de contagem e faltas coletivas, ou 1 marcador de tempo de jogo (indicador numérico visível de 0 a 10), outro de pontos (placar manual), 2 cronômetros manuais regressivos, 2 marcadores de faltas coletivas (2 indicadores numéricos visíveis de faltas - de 1 a 5), dispositivo de 24 segundos com indicador de tempo de posse e faltas individuais ou 1 cronômetro regressivo, marcador de faltas individuais (1 jogo plaquetas - de 1 a 5) e 2 bandeirolas de limite de faltas e um indicador de posse. [...] (Federação Catarinense de Basketball, 2021, p. 26)

Figura 4 - Exemplo de placar utilizado em competições estaduais



Fonte: capturado pelo autor

No contexto de competições oficiais de nível estadual, o sistema é controlado por três operadores diferentes, onde um tem a responsabilidade sobre o placar, outro sobre o relógio da partida e outro sobre o relógio de 24 segundos. Já

em cenários de competições de menor nível e ambientes de treino não é comum ter a disponibilidade de uma equipe de arbitragem completa.

Levando isso em conta buscou-se desenvolver uma aplicação móvel que possa atender ambos casos, porém com foco inicial maior na utilização por apenas um operador.

3.1.1 Análise dos requisitos

O sistema deve ser capaz de lidar com as principais funções do assistente de apontador, cronometrista e operador de 24 segundos sendo realizadas por um único operador. Tendo em vista o objetivo de facilitar a operação do placar, foram selecionadas apenas as funções mais importantes a serem monitoradas durante a partida.

Foram então definidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema a ser desenvolvido, trazidos no Quadro 2.

Quadro 2 - Requisitos do projeto

Tipo	ID	Nome	Descrição
Funcional	RF01	Acrescentar pontuação	Deve ser possível acrescentar pontuação para cada time ao decorrer do jogo.
	RF02	Controlar relógio da partida	Deve ser possível iniciar e pausar o relógio da partida.
	RF03	Controlar relógio de posse	Deve ser possível iniciar, pausar e reiniciar o relógio de posse.
	RF04	Debitar tempos técnicos	Deve ser possível debitar os tempos técnicos de cada equipe quando disponíveis.
	RF05	Marcar faltas de equipe	Deve ser possível marcar as faltas coletivas de cada equipe até atingirem o limite de penalidade do quarto.
	RF06	Passar para o próximo quarto	Deve ser possível passar para o próximo quarto quando o atual chegar ao fim.

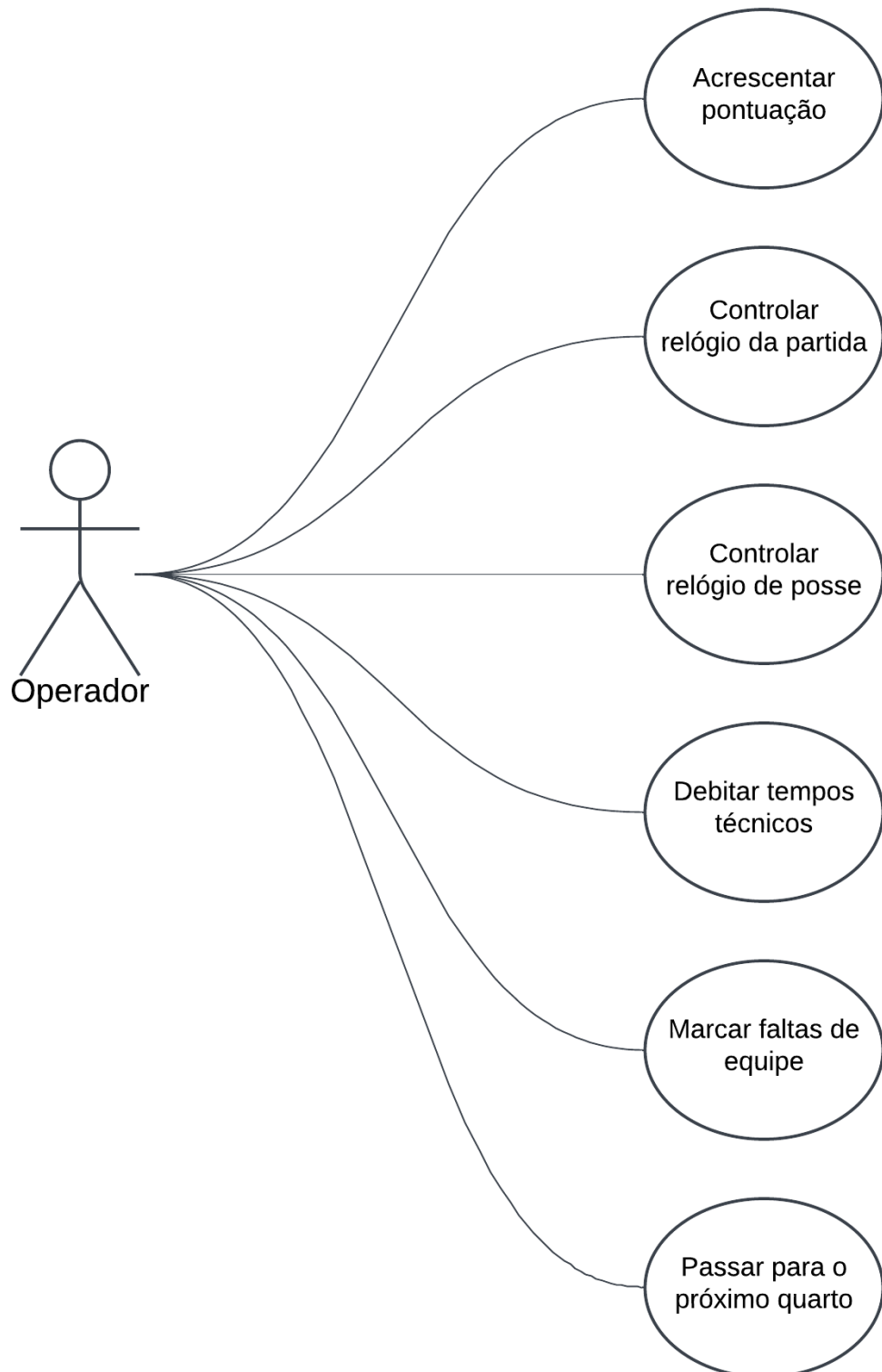
Tipo	ID	Nome	Descrição
Não funcional	RNF01	Conexão sem fio	Deve haver uma conexão sem fio estável entre a aplicação móvel e o sistema embarcado.
	RNF02	Usabilidade facilitada	O sistema deve ser capaz de ser operado por apenas uma pessoa.
	RNF03	Representação visual	O sistema embarcado deve atualizar e representar visualmente em tempo real as informações da partida.

Fonte: Elaborado pelo autor.

“O modelo de Casos de Uso é um instrumento eficiente para determinação e documentação dos serviços a serem desempenhados pelo sistema”(Stadzisz, 2002, p. 3).

Usando este modelo foi elaborado um diagrama na linguagem UML com as funcionalidades a serem desenvolvidas, baseado nos requisitos funcionais definidos acima.

Figura 5 - Diagrama de casos de uso das funcionalidades do placar



Fonte: elaborado pelo autor

3.2 A APLICAÇÃO MÓVEL

Para o desenvolvimento da aplicação móvel foi escolhido o React Native, levando em conta a intenção de disponibilizá-la para os dois sistemas operacionais móveis mais populares atualmente. Mais especificamente foi escolhido o *framework* Expo. Isso foi feito levando em conta a facilidade para a prototipação da interface durante o desenvolvimento da aplicação.

O desenvolvimento ocorreu através de um ciclo de vida iterativo e incremental. Suas três iterações são descritas em mais detalhes abaixo.

3.2.1 Desenvolvimento da primeira versão da aplicação móvel

Inicialmente foi desenvolvida uma interface simples com os controles de início e pausa do relógio, além do reinício do relógio de posse nos tempos de 14 e 24 segundos. Essa primeira versão traz uma base das posições para os botões que mais são usados durante uma partida.

O desenvolvimento foi realizado através das ferramentas Snack¹ e Go² do framework Expo.

¹ A página principal da ferramenta Snack pode ser acessada em <https://snack.expo.dev/>.

² A página principal da ferramenta Go pode ser acessada em <https://expo.dev/go>.

Figura 6 - Interface do primeiro protótipo da aplicação móvel



Fonte: elaborado pelo autor

3.2.2 Desenvolvimento da segunda versão da aplicação móvel

Em seguida a interface foi incrementada com as ações relacionadas ao controle do placar. Isso incluiu a adição de pontos e faltas e débito de tempos técnicos, para cada uma das equipes. Também foi feita a revisão do controle do relógio de posse, que deve ser capaz de ser reiniciado sem iniciar automaticamente.

Figura 7 - Interface do segundo protótipo da aplicação móvel



Fonte: elaborado pelo autor

3.2.3 Desenvolvimento da terceira versão da aplicação móvel

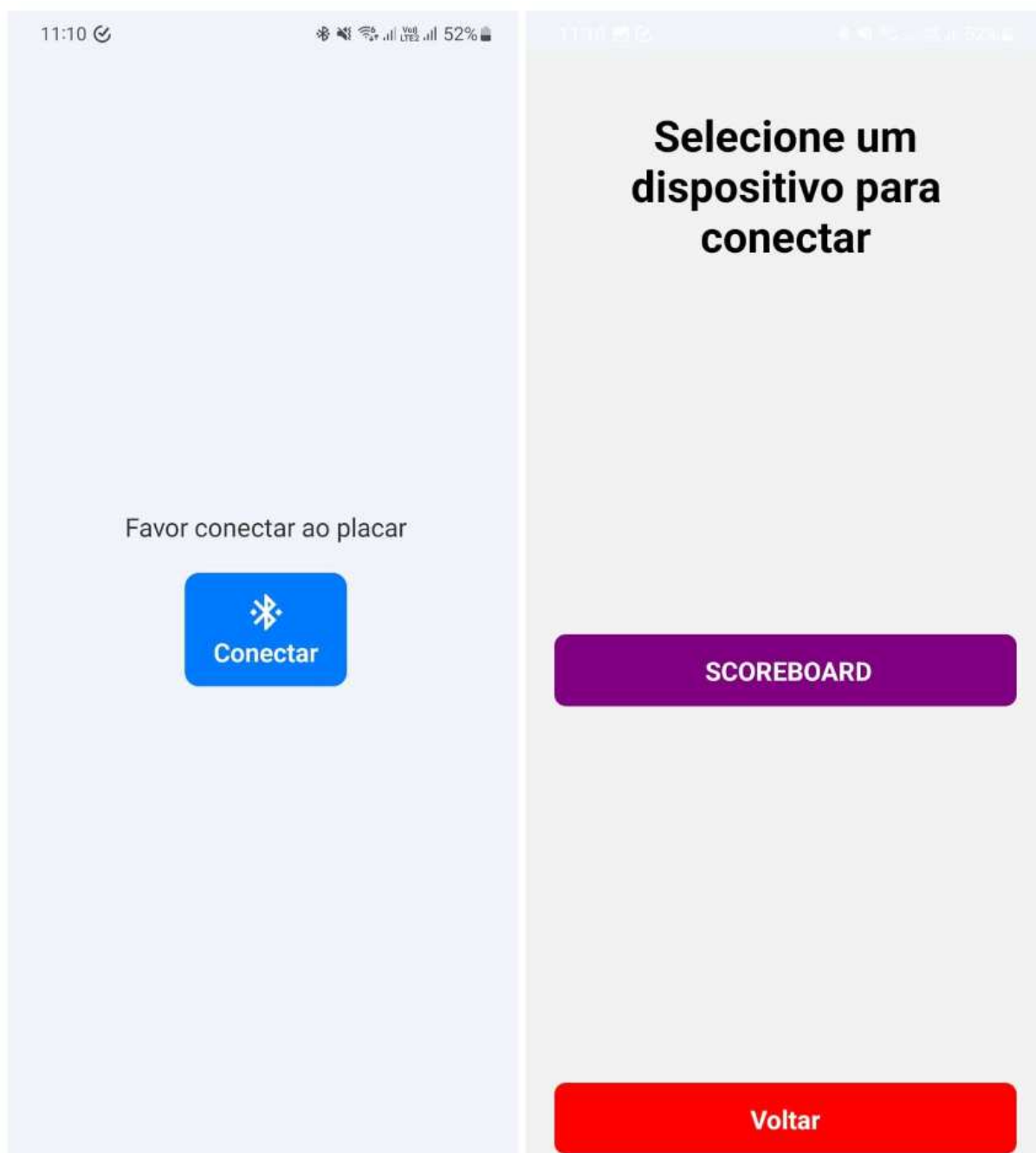
Na terceira versão da aplicação móvel foi realizada a implementação da comunicação *bluetooth* com o quarto protótipo do sistema embarcado. Também foi realizada uma revisão da interface visual da aplicação para comportar as novas funcionalidades necessárias para o funcionamento completo do placar.

A funcionalidade *bluetooth* foi implementada através da biblioteca *react-native-plx*, escolhida pelo seu suporte dentro do conjunto de ferramentas da Expo. Foram utilizados exemplos de implementações da mesma disponibilizados por Friyia (2023) como base. Para a conexão com o placar também foram adicionadas novas telas na aplicação.

Como a comunicação *bluetooth* não é suportada pelo aplicativo Expo Go, foi necessária a mudança para um projeto local. Também foi necessária a configuração do serviço Expo Application Services (EAS)³. Esse serviço também é uma ferramenta da empresa Expo, porém precisa ser instalado através de um pacote diferente. Ele permite a fácil geração na nuvem de uma *build* de desenvolvimento. Essa *build* é então instalada em um aparelho físico, tendo acesso a funcionalidades do dispositivo que o aplicativo Go não possuía, como a conexão *bluetooth*. Assim foi possível realizar a conexão entre a aplicação móvel e o sistema embarcado.

Para a comunicação entre as duas partes do sistema foi definido um modelo onde a aplicação móvel funciona como um controle remoto, enviando comandos que são lidos pelo sistema embarcado. Esse modelo traz algumas limitações à funcionalidade da aplicação, porém foi escolhido levando em conta a dificuldade de configuração do módulo *bluetooth* no sistema embarcado.

³ A página principal da EAS pode ser acessada em <https://expo.dev/eas>.

Figura 8 - Conexão *bluetooth* do terceiro protótipo da aplicação móvel

Fonte: elaborado pelo autor

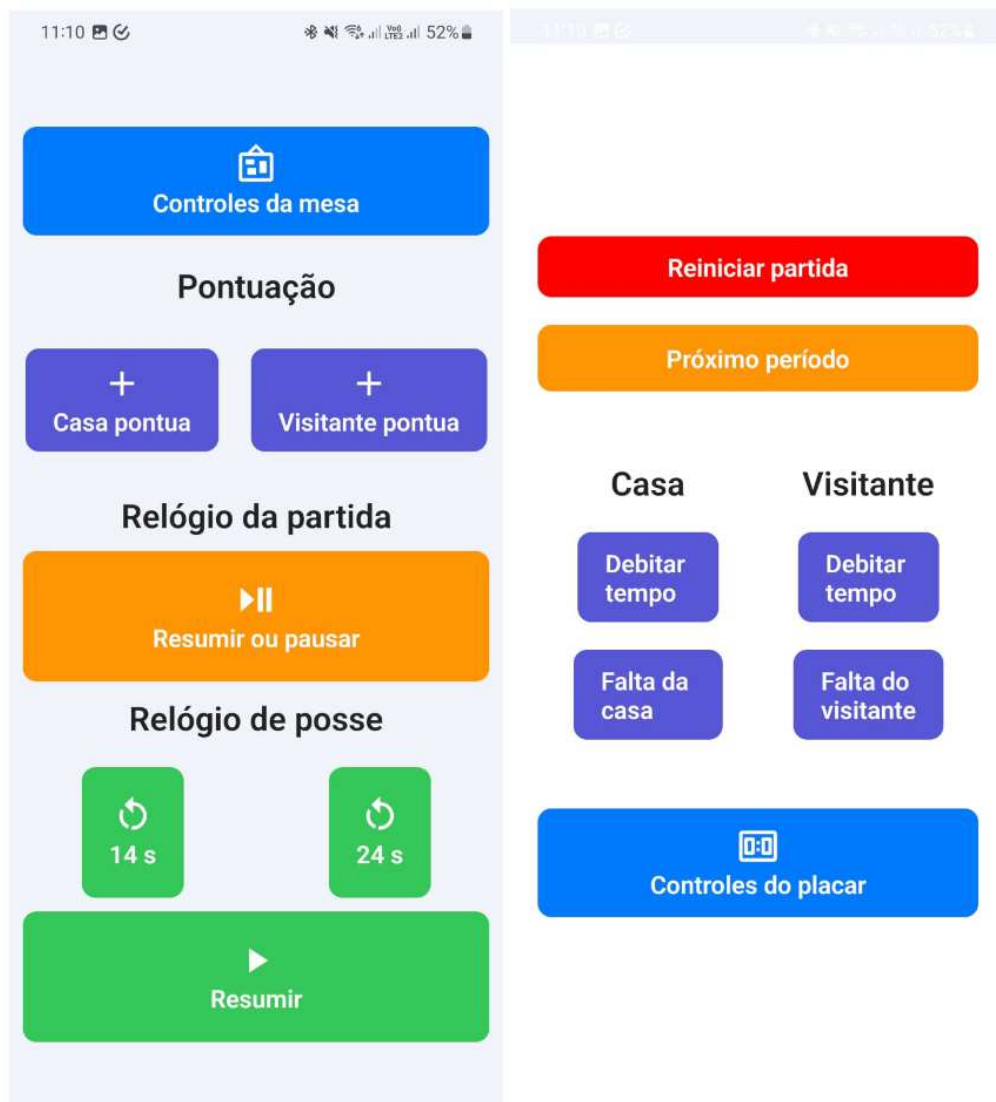
Os controles do placar e do relógio também foram revisados, com o ajuste da interface buscando uma melhor usabilidade. Nesse sentido, a primeira mudança foi a divisão dos controles em duas telas. Dessa maneira é possível que os botões tenham fácil acesso, mesmo em telas menores.

Na tela principal ficaram os controles da pontuação e dos relógios da partida. A escolha destes botões levou em conta que são as funcionalidades mais

utilizadas durante uma partida, por isso sendo priorizadas na interface visual. Além deles também foi adicionado um botão para navegar para a tela de controles secundária.

Já na tela secundária ficaram controles que são habitualmente operados pelo assistente do apontador, com o controle das faltas e dos tempos técnicos. Um fator adicional para a menor prioridade dos controles desta tela é o fato de que só são necessários quando a partida está parada, seja por uma falta, tempo técnico ou fim de um período. Também foram adicionados botões para passar para o próximo quarto e reiniciar a partida, assim como um botão para voltar para a tela principal dos controles do placar.

Figura 9 - Controles do placar do terceiro protótipo da aplicação móvel



Fonte: elaborado pelo autor

3.3 O SISTEMA EMBARCADO

No lado do sistema embarcado inicialmente foram feitos dois protótipos virtuais na plataforma de simulação Tinkercad. Esses primeiros protótipos abordaram principalmente a lógica de representação visual dos valores do placar.

Após a prototipação em simulador foi então construído um primeiro protótipo físico. Este já com a maior parte das funções planejadas implementadas, e com a escolha de componentes mais em linha com a eventual versão final. Esse protótipo físico foi então incrementado para permitir a conexão e integração do sistema com a aplicação móvel.

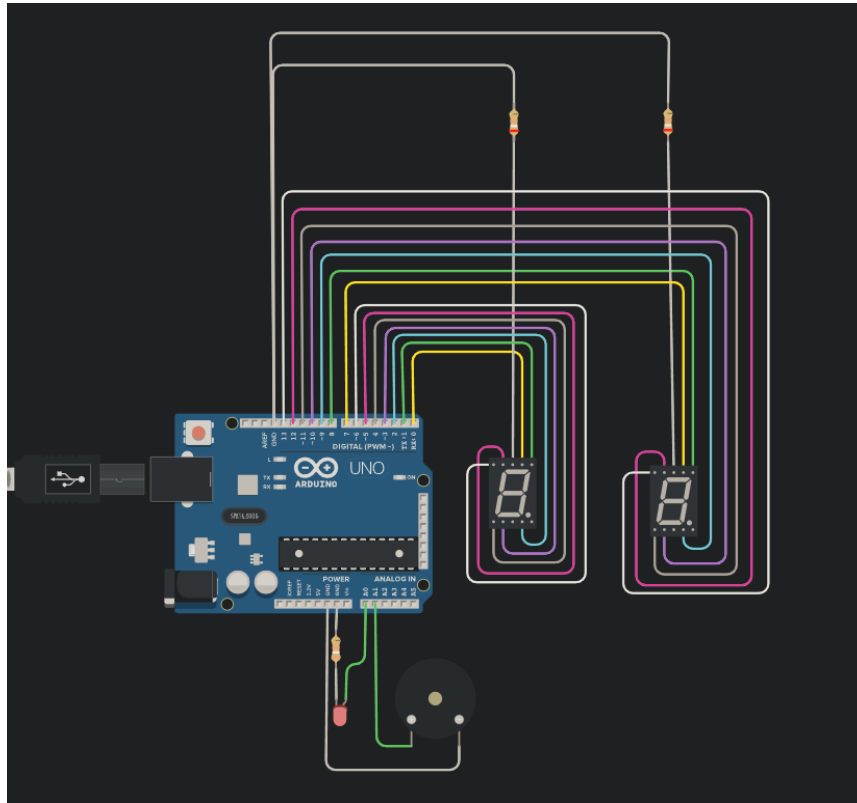
3.3.1 Desenvolvimento do primeiro protótipo embarcado

Para o primeiro protótipo na plataforma Tinkercad foi desenvolvido um relógio de posse. Os componentes utilizados foram:

- Uma placa Uno R3
- Dois *displays* de 7 segmentos
- Um *buzzer*
- Um LED
- Três resistores

Na imagem abaixo é possível observar a estrutura e conexão dos componentes.

Figura 10 - Esquema de componentes do primeiro protótipo virtual



Fonte: elaborado pelo autor

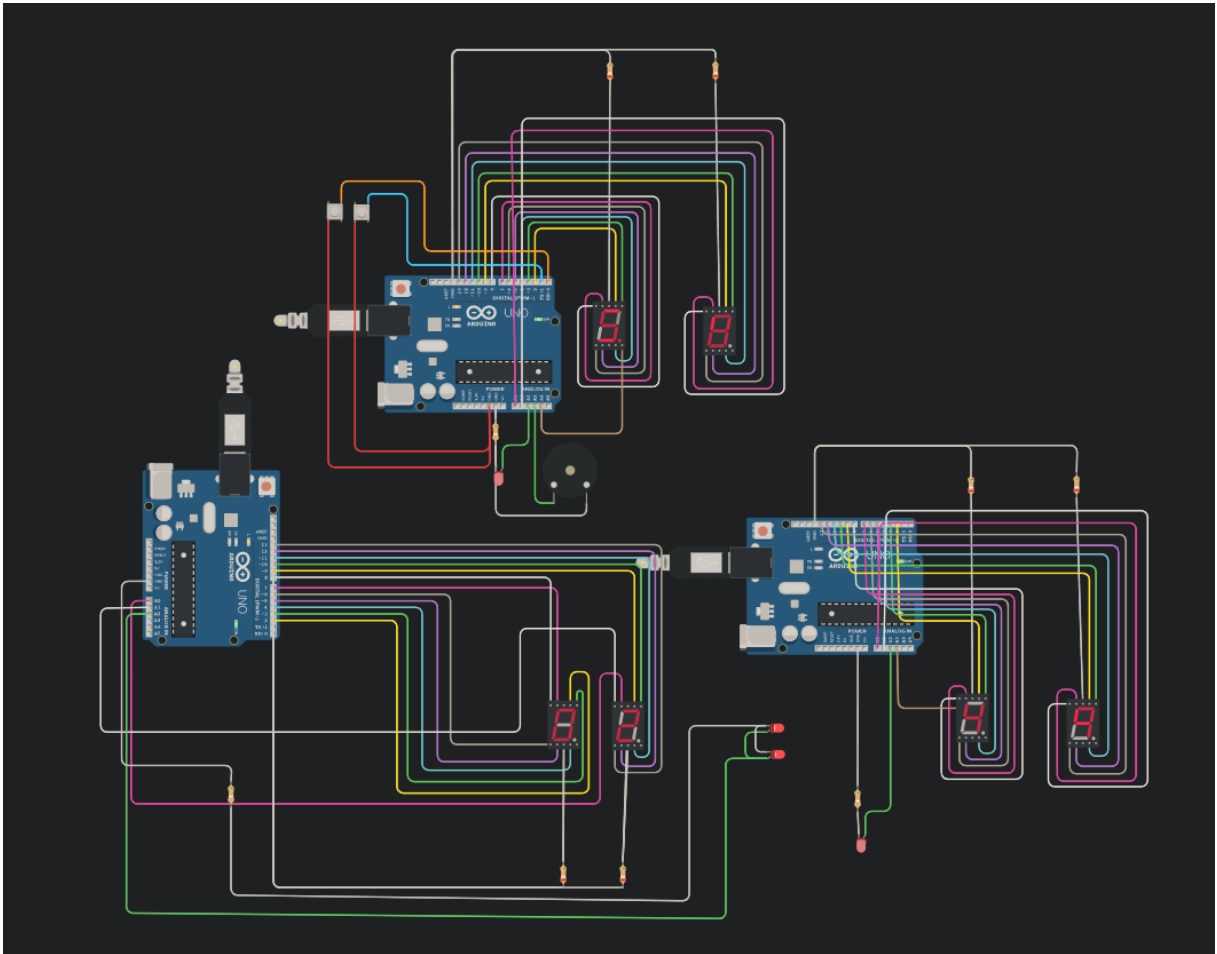
Também houve a tentativa de desenvolver um controle simples para o relógio, utilizando um controle e sensor infravermelho disponibilizados pela plataforma. Entretanto devido a um *bug* estes componentes não estavam funcionando corretamente durante o desenvolvimento do protótipo.

Nessa primeira versão foi possível estabelecer uma estrutura básica para a representação visual das informações referentes ao placar.

3.3.2 Desenvolvimento do segundo protótipo embarcado

Na segunda versão do protótipo foi adicionada também a função de relógio de partida, além de controles temporários para reinício do relógio de posse. Além dos componentes anteriores, foram adicionadas mais duas placas Uno, quatro *displays* de 7 segmentos, três LEDs e dois botões.

Figura 11 - Esquema de componentes do segundo protótipo virtual



Fonte: elaborado pelo autor

Na parte de funcionamento do sistema foi aprimorada a representação do relógio. Inclui-se também no sistema a representação em décimos de segundo, para situações onde o tempo é menor que dez segundos.

Ao fim da prototipação virtual foi possível estabelecer uma base do programa que controla o funcionamento e representação do relógio. Além disso foi possível identificar uma série de problemas a serem corrigidos para as próximas versões:

- Os painéis de 7 segmentos apresentavam um brilho com comportamento irregular.
- Os relógios não aparentavam ter precisão em relação ao tempo decorrido real.
- A falta de sincronia entre os relógios de partida e de posse.

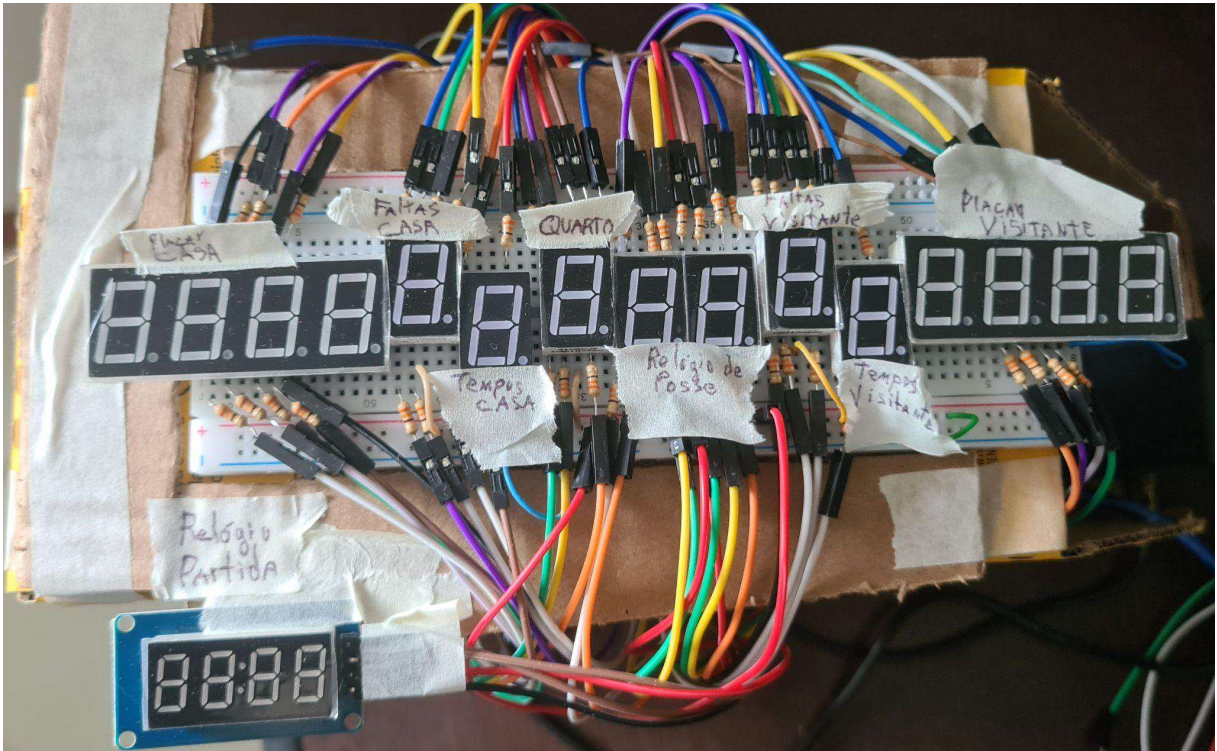
3.3.2.1 Desenvolvimento do protótipo físico

Para o terceiro protótipo, agora físico, a escolha de componentes foi feita buscando ser o mais próximo possível do eventual sistema final. Isso para que os componentes adquiridos possam ser utilizados nas próximas versões, minimizando o custo de prototipação. A principal limitação da escolha dos componentes foi em relação ao tamanho dos *displays* de 7 segmentos. Também em relação aos *displays* optou-se por utilizar diferentes tipos em simultâneo, de modo a avaliar quais os melhores modelos a serem utilizados no sistema final.

Os componentes utilizados foram:

- Uma placa Arduino Mega 2560
- Um módulo *Bluetooth* HM10
- Um *display* TM1637
- Dois *displays* de 7 segmentos de quatro dígitos
- Sete *displays* de 7 segmentos de um dígito
- Uma fita de LED
- Um módulo *buzzer* passivo
- Uma fonte 9v
- Cabos e resistores

Figura 12 - Componentes do primeiro protótipo físico



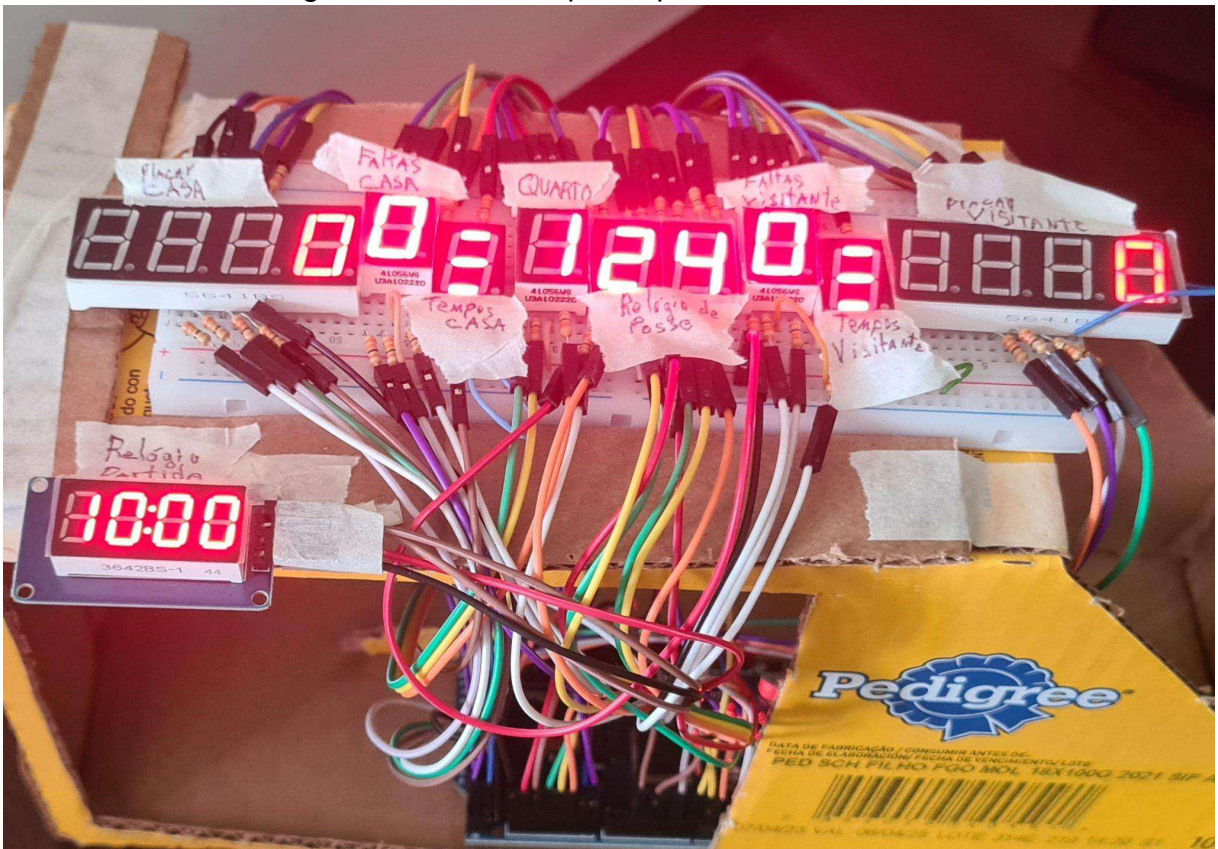
Fonte: capturado pelo autor

Nesse protótipo físico, a primeira parte do desenvolvimento ocorreu com a correção dos problemas identificados nas versões anteriores.

Para a questão de precisão dos relógios houve a troca da função *delay()* por *millis()*, além de retrabalhar a maneira como a sincronia era calculada. Dessa forma foi possível atingir uma precisão satisfatória dos relógios. Além disso, também aproveitou-se para realizar a sincronia entre os relógios de partida e posse.

O outro problema a ser corrigido era o brilho inconsistente dos *displays* de 7 segmentos. A causa identificada foi a utilização de apenas um resistor para cada painel. Nesta configuração o brilho variava com base no número de segmentos ligados, que era diferente a depender do número a ser representado. A solução encontrada foi a utilização de um resistor na conexão de cada segmento. Isso garantiu a uniformidade do brilho, porém ao custo de uma instalação mais difícil dos componentes.

Figura 13 - Primeiro protótipo físico em funcionamento



Fonte: capturado pelo autor

Além da correção de problemas, o protótipo também serviu para testar alternativas de componentes a serem utilizados, assim como bibliotecas associadas a esses componentes.

O *display* TM1670, utilizando-se da biblioteca de mesmo nome, é uma alternativa de fácil implementação quando comparado aos *displays* de 7 segmentos tradicionais. Este foi utilizado para o relógio da partida, também levando em conta a separação de dois pontos presente na unidade.

Outra biblioteca utilizada para os *displays* foi a *SevSeg.h*, que traz o controle facilitado de *displays* de 7 segmentos de diferentes configurações. Ela foi usada para a representação da pontuação nos componentes de quatro dígitos. Também houve a tentativa de usá-la nos *displays* individuais, porém não funcionou. Por esse motivo foi reaproveitado o código desenvolvido nos protótipos anteriores para a representação do restante das informações.

Ao fim deste protótipo foi possível implementar a maior parte das funcionalidades esperadas do sistema embarcado, com o controle e representação

das informações de placar e relógio. Porém assim como nas versões anteriores também houve a identificação de problemas a serem corrigidos.

O primeiro é a necessidade de alimentação externa dos componentes. Mesmo neste protótipo com painéis menores a alimentação através da placa já atingiu suas limitações. A fita de LED de expiração de relógio foi um componente que não funcionou com o sistema completo, somente com os *displays* desligados.

Sobre os componentes de representação visual, os *displays* de múltiplos dígitos também tiveram alguns problemas de funcionamento. As unidades de quatro dígitos do placar apresentaram conflito com o módulo TM1637 do relógio de partida, piscando sempre que o valor do relógio era atualizado. As unidades de um dígito foram as que melhor funcionaram, porém para representar todas as informações com elas faltam saídas digitais.

Outro problema relevante foi a conexão *bluetooth* através de um módulo externo, que demonstrou-se mais dificultosa do que o esperado e não funcionou neste primeiro protótipo físico. Como consequência não foi possível realizar a integração com a aplicação móvel e testar o sistema de maneira completa. Porém foi reaproveitada a comunicação serial que seria feita com o módulo para operar o sistema embarcado em seus testes de unidade.

O módulo buzzer passivo foi outro componente que não funcionou como previsto. O seu funcionamento era intermitente durante os testes do protótipo e mesmo nas situações onde funcionava o volume era consideravelmente baixo.

3.3.3 Desenvolvimento do segundo protótipo físico

Para o segundo protótipo físico, houve um incremento de funcionalidades sobre a versão anterior. A principal mudança foi a configuração da conexão *bluetooth* através de um módulo externo. Também foi adicionada a funcionalidade de reiniciar a partida mantendo o sistema em funcionamento, refletindo as alterações realizadas na terceira versão da aplicação móvel.

Foi utilizado o mesmo módulo *bluetooth low energy* HM10 que não havia funcionado no protótipo anterior. Após uma investigação foi identificado que a conexão física entre o módulo e a placa arduino era a causa do não funcionamento. Foi necessária a conexão nas portas seriais *Serial1* da placa Arduino Mega, o que

diferiu da maior parte dos exemplos de configuração do módulo, que utilizam a comunicação serial emulada em software.

Outro problema corrigido foi a alimentação do módulo. Ele opera em 3.3v, uma voltagem abaixo dos 5v utilizados pela placa Arduino. Por isso foi necessário um divisor de voltagem para o funcionamento adequado do módulo.

A comunicação entre o sistema embarcado e a aplicação móvel foi implementada através de comandos representados por um caractere do alfabeto. Foi definida uma lista onde cada caractere representa uma ação a ser realizada pelo placar. O sistema embarcado consome os comandos enviados pela aplicação móvel e realiza a ação correspondente.

Figura 14 - Segundo protótipo físico em funcionamento



Fonte: capturado pelo autor

4 TESTES E AVALIAÇÃO DO SISTEMA

4.1 METODOLOGIA DE TESTE

“Uma estratégia de teste de software deve acomodar testes de baixo nível[...], bem como testes de alto nível, que validam as funções principais do sistema de acordo com os requisitos do cliente” (Pressman, 2011, p. 402).

4.1.1 Testes durante o desenvolvimento

“Inicialmente, os testes focalizam cada componente individualmente, garantindo que ele funcione adequadamente como uma unidade, daí o nome *teste de unidade*”(Pressman, 2011, p. 404).

Como cada unidade é testada separadamente, o teste de unidade pode ser aplicado à medida que ocorre a implementação das unidades e pelo próprio desenvolvedor, sem necessidade de dispor-se do sistema totalmente finalizado(Delamaro, 2011).

Durante o desenvolvimento do sistema foram realizados testes de unidade à medida que as funcionalidades foram desenvolvidas. Isso foi feito tanto para os componentes de interface da aplicação móvel quanto para a representação visual e lógica interna do sistema embarcado.

4.1.2 Teste de avaliação

“Teste de software é o processo de execução de um produto para determinar se ele atingiu suas especificações e funcionou corretamente no ambiente para o qual foi projetado”(Neto; Claudio, 2007, p. 54). Nesse sentido mais avaliativo, foi planejado um cenário de testes buscando simular a utilização do placar em uma partida real.

Foi realizado um teste para avaliar o sistema desenvolvido em seu último estado disponível, na terceira versão da aplicação móvel e no quarto protótipo embarcado. Levou-se em conta também a codependência das duas partes do sistema, onde a utilização de uma depende da outra.

Teste de Sistema: avalia o software em busca de falhas por meio da utilização do mesmo, como se fosse um usuário final. Dessa maneira, os

testes são executados nos mesmos ambientes, com as mesmas condições e com os mesmos dados de entrada que um usuário utilizaria no seu dia-a-dia de manipulação do software. Verifica se o produto satisfaz seus requisitos (Neto; Claudio, 2007, p. 56).

Com um teste de sistema é possível avaliar se os casos de uso definidos no planejamento funcionam corretamente. Adicionalmente também são avaliados aspectos não funcionais do sistema, como a usabilidade dos controles e a estabilidade da conexão.

4.2 CENÁRIO DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação do sistema foi escolhida uma partida de basquete gravada, a ser reproduzida sem pausas durante os testes. A escolha de um jogo gravado ao invés de um em tempo real levou em conta a possibilidade de repetição do mesmo teste. Isso também traz uma maior flexibilidade de horários para a execução do teste. A partida escolhida foi a disputa pela medalha de ouro masculino nos jogos olímpicos de Paris 2024, disponível na íntegra no youtube.

Figura 15 - Partida utilizada para a avaliação

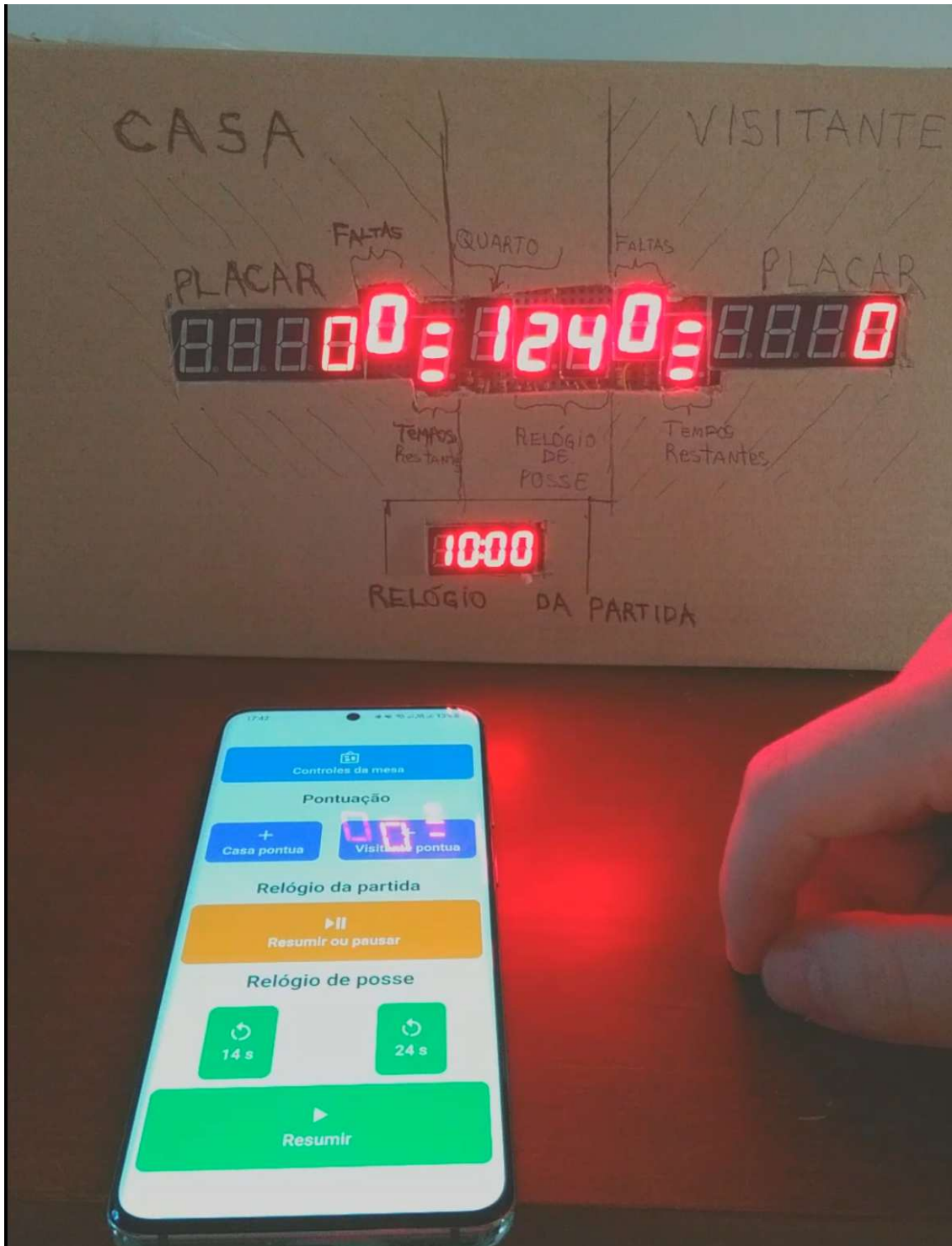


Fonte: capturado pelo autor. Disponível em <https://youtu.be/UrhUEp7XSWk>. Acesso em Dez. 2024.

A configuração física do sistema foi realizada buscando deixá-lo o mais próximo possível de uma utilização real dentro das limitações existentes. O protótipo embarcado foi carregado com a última versão disponível do software. Já na

aplicação móvel foi utilizada uma build de desenvolvimento instalada no dispositivo móvel. O dispositivo utilizado foi um Samsung Galaxy S20.

Figura 16 - Configuração física do cenário de avaliação



Fonte: capturado pelo autor

Foi elaborado um documento de texto para a avaliação do sistema após a realização dos testes. Este documento inclui um quadro avaliando os casos de uso definidos anteriormente quanto ao seu funcionamento, sendo avaliado como adequado, parcial ou inadequado.

No mesmo documento também há um quadro para a avaliação da conexão entre a aplicação móvel e o sistema embarcado. Ela é avaliada quanto a sua estabilidade e tempo de resposta dos comandos. Outro aspecto não funcional avaliado é a usabilidade da aplicação, com um campo de texto para comentários sobre dificuldades encontradas.

A avaliação foi realizada pelo o autor do trabalho e desenvolvedor do sistema. Isso traz limitações para a avaliação, uma vez que o autor já possui um conhecimento prévio de como o placar “deve” ser operado. Por outro lado traz a perspectiva de um operador sem experiência de arbitragem em uma partida de basquete, sendo mais propenso a erros durante a execução.

4.3 RESULTADO DA AVALIAÇÃO

Primeiramente, é válido ressaltar alguns pontos não antecipados durante o planejamento do cenário de teste. Um deles é que a gravação da partida escolhida trazia um painel com as informações do placar e relógio que foram utilizados originalmente. Por um lado, isso traz um *benchmark* para comparar o desempenho do sistema desenvolvido com sistemas mais avançados operados por uma equipe profissional. A parte negativa é que essa comparação durante a partida acaba se tornando uma outra fonte de informações para o operador que não existe durante a arbitragem de uma partida em tempo real .

Também relacionado ao uso de uma partida gravada está o fato de que o decorrer do jogo depende da arbitragem e da operação do relógio, mesmo que seja feito de maneira imperfeita. Em uma situação real, caso ocorra um erro ou atraso, o jogo pode seguir utilizando as informações incorretas ou ser paralisado para correção. Em uma partida que já aconteceu, os erros do operador ou do sistema, mesmo que grandes, geram apenas uma divergência de informações, mas não impactam o jogo. Por outro lado, pequenos atrasos ficam claros, quando em uma partida real muitas vezes passam despercebidos.

Outra limitação foi que o cenário de avaliação não levou em conta a conexão física dos componentes do sistema embarcado. Devido a um mau contato, o sistema não estava funcionando durante uma primeira tentativa de executar os testes. Por ser um protótipo que ainda usa conexões temporárias seria precipitado avaliar tal aspecto. Porém essa ocorrência evidencia a necessidade de dar mais atenção a esse e outros requisitos não funcionais.

Durante a execução da avaliação, um primeiro ponto observado foi a dificuldade para administrar todas as funções do placar ao mesmo tempo, especialmente nos momentos iniciais do jogo com uma sequência de jogadas mais rápidas. Isso levou a alguns erros na operação do placar, como a demora para atualizar o relógio de posse e pausar o relógio da partida após um apito. Em outros momentos no primeiro quarto também houve o esquecimento de registrar algumas faltas.

Como consequência isso trouxe à tona o primeiro problema de usabilidade do sistema: a falta de opção para corrigir erros cometidos. Em um momento onde o relógio demorou para ser pausado já não foi possível corrigir essa informação, mesmo tendo tempo disponível com o jogo parado. Quando uma falta foi marcada para a equipe incorreta isso não pôde ser revertido. Esse é um problema grave, especialmente considerando o objetivo da utilização do placar por usuários sem treinamento formal de arbitragem. Logo faz-se necessário trazer alguma forma de recuperação de erros para uma versão futura.

À medida que a partida foi progredindo, o executor dos testes foi se familiarizando com as funções associadas ao placar, e a utilização foi se tornando mais familiar e fluida. No geral, a maior parte das funcionalidades do placar tiveram um desempenho considerado adequado. O Quadro 3 apresenta o resultado dos testes dos requisitos funcionais do projeto.

Quadro 3 - Avaliação das funcionalidades do placar

Funcionamento	Adequado	Parcial	Inadequado
Acrescentar pontuação	X		
Controlar relógio da partida		X - Falta de sincronia com relógio de posse no fim dos quartos	

Funcionamento	Adequado	Parcial	Inadequado
Controlar relógio de posse		X - Algumas falhas ao resumir	
Debitar tempos técnicos	X		
Marcar faltas de equipe	X		
Passar para o próximo quarto	X		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os casos de uso planejados para o sistema, os únicos que apresentaram problemas funcionais foram os dois relacionados aos relógio de partida e de posse. O controle do relógio da partida não representou os segundos finais com a graduação em milissegundos, como deveria ocorrer. Além disso, nos momentos onde o valor do relógio de partida era menor do que o relógio de posse este último não desligou como deveria, de maneira a não representar informações conflitantes. Após verificação foi identificado que a causa destes erros foi a implementação incorreta da função, feita sem levar em conta a regra completa.

Já o controle do relógio de posse apresentou algumas falhas ao tentar resumir o mesmo, onde houve a tentativa de ativar a função porém a mesma não ocorreu. Durante a utilização não ficou claro se isso foi por uma falha de comunicação *bluetooth* ou de acionamento do botão. Vale mencionar que este problema não ocorreu ao testar individualmente a função.

Com essa questão do botão não sendo acionado foi observado um outro problema de usabilidade do sistema, que é a falta de *feedback* adequado ao clicar em um botão. Os botões possuem uma animação ao serem clicados, porém durante o uso da aplicação a atenção do operador fica voltada para o jogo e o dispositivo móvel fica no máximo na visão periférica. Com isso a animação existente quase não é percebida. Para corrigir tal problema seria necessário uma reação mais pronunciada, seja por meio de um *feedback* tátil ou de uma animação mais visível.

Um ponto positivo da usabilidade da aplicação foi a acessibilidade dos botões. Mesmo com o dispositivo móvel somente na visão periférica os botões demonstraram-se de fácil acesso, podendo inclusive serem operados com apenas uma mão.

Outro aspecto não funcional avaliado foi a conexão entre a aplicação móvel e o sistema embarcado. O Quadro 4 apresenta o resultado dos testes da conexão entre os sistemas.

Quadro 4 - Avaliação da conexão *bluetooth*

	Adequado	Parcial	Inadequado
Estabilidade	X		
Tempo de resposta		X - Atraso perceptível ao resumir relógio	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estabilidade mostrou-se adequada, não ocorrendo quedas ou falhas de conexão durante toda a partida. Já quanto ao tempo de resposta a adequação foi parcial. Isso devido ao fato que ao resumir o relógio da partida era perceptível um atraso a olho nu. Tal atraso não ocorria nos testes do terceiro protótipo embarcado, indicando que a provável causa seja a comunicação entre os dois sistemas implementada no protótipo mais recente.

4.4 AVALIAÇÃO DE CUSTOS

Levando em conta a busca por este ser um projeto de baixo custo, também foram avaliados os custos com componentes do protótipo produzido. Também foi realizada uma estimativa de quais seriam os custos para produzir o mesmo protótipo em maior escala. A estimativa do protótipo de maior escala foi feita considerando o uso dos maiores *displays* de 7 segmentos encontrados em mercado nacional, de 4 polegadas de altura. Outros componentes que também teriam mais custos associados seriam os de alimentação, fiação e estrutura física de suporte.

Essa estimativa foi realizada considerando os valores de componentes encontrados em Dezembro de 2024, disponíveis no mercado nacional. A Tabela 1 traz o levantamento de custos dos protótipos.

Tabela 1 - Levantamento de custos

	Protótipo desenvolvido	Protótipo em maior escala
Painéis de 7 segmentos	R\$25	R\$ 1050
Unidade de controle	R\$110	R\$110
Módulos arduino	R\$50	R\$50
Fonte de alimentação	R\$20	R\$50
LED para indicador de tempos técnicos	R\$4	R\$30
Resistores	R\$7	R\$7
Estrutura física	R\$15	R\$100
Fiação	R\$15	R\$30
TOTAL	R\$246	R\$1427

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de trazer apenas os custos dos componentes, a estimativa feita traz uma redução considerável de valor quando comparada ao custo de placares prontos disponíveis na data em que a estimativa foi feita. A Tabela 2 abaixo traz um comparativo entre essa estimativa e algumas opções encontradas no mercado.

Tabela 2 - Comparativo de valores

Modelo	Observações	Valor	Disponível em:
Protótipo em maior escala	Custo somente dos componentes.	R\$1427	–
Placar profissional	Dígitos maiores porém com menos informações.	R\$7290	https://www.jvesportes.com.br/placar-eletronico-poliesportivo-modelo-01.html
Placar importado	Alguns dígitos menores. Valor inclui frete e impostos.	R\$2.491	https://pt.aliexpress.com/item/1005006051691392.html?src=google

Fonte: Elaborado pelo autor. Acesso dos links em Dez. 2024.

5 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Em suma, o projeto apresenta um protótipo de sistema de placar e relógio de basquete de baixo custo e uso flexível. Ao auxiliar a democratização do acesso a esses sistemas, o projeto busca contribuir para o desenvolvimento do esporte em competições amadoras e ambientes com recursos financeiros limitados.

O avanço do sistema se deu através da análise das tecnologias existentes que podem ser utilizadas no projeto. Também ocorreu por meio da análise de trabalhos acadêmicos correlatos que abordam tais tecnologias. Assim como pela observação de soluções semelhantes para o problema em questão.

Durante o desenvolvimento do sistema embarcado, utilizou-se de um ciclo de vida baseado em prototipação para um avanço ágil do sistema. Isso se deu inicialmente através de uma plataforma de simulação, que reduziu riscos com acidentes e dano a componentes.

Posteriormente foram utilizados protótipos físicos de tamanho reduzido. Com eles foi possível validar se os avanços feitos na plataforma de simulação também se aplicam em um projeto real. Houve o incremento do sistema com componentes de *hardware* e *software* que não estavam disponíveis no ambiente virtual, resultando em um protótipo mais próximo do sistema final almejado e que pôde ser integrado com a aplicação móvel.

Também foi possível avaliar a escolha de componentes para serem utilizados em um sistema embarcado de escala real. O primeiro ponto é a necessidade de multiplexar as saídas para os *displays*, de modo a utilizar *displays* de um dígito para representar todas as informações necessárias. Outro fator é a alimentação externa dos *displays*, também considerando as necessidades energéticas dos *displays* de maior dimensão a serem utilizados.

O desenvolvimento do sistema móvel ocorreu de maneira semelhante, com protótipos da interface a ser utilizada. O foco inicial foi a usabilidade da mesma para ser operada por apenas uma pessoa, buscando posicionar os botões de acordo com a sua frequência de uso. Em seguida a interface foi refinada e a aplicação foi incrementada com a comunicação *bluetooth* para a integração dos sistemas.

Com os dois sistemas integrados foi então realizada uma avaliação do sistema, com uma simulação de sua utilização em uma partida. Ao final dessa avaliação foi possível observar que o sistema conseguiu atingir sucesso em maior

parte de suas funcionalidades. Porém também foram identificados pontos a serem melhorados para um sistema que possa ser utilizado em partidas reais.

Dentre as questões a serem resolvidas em trabalhos futuros destacam-se melhorias na usabilidade da aplicação. A principal delas é que o sistema deve ser mais capaz de lidar com erros, trazendo uma opção para corrigir informações inseridas incorretamente.

Para versões futuras do sistema também é válido avaliar opções alternativas de comunicação sem fio entre o sistema embarcado e a aplicação móvel. Isso devido às limitações encontradas com a comunicação *bluetooth*.

REFERÊNCIAS

- CBB. **Regras Oficiais de Basquetebol – outubro/2022**. 2022. Disponível em <https://www.cbb.com.br/wp-content/uploads/Regras-Oficiais-Basketball-2022-ALTER-ACOES-OUTUBRO-2022-Final.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- DE FREITAS, Thiago Victor Albuquerque *et al.* **APLICAÇÃO DA PLATAFORMA TINKERCAD–CIRCUITS PARA O ENSINO DA DISCIPLINA INSTRUMENTAÇÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA MECÂNICA**. Revista de Ensino de Engenharia, v. 42, 2023.
- EXPO. **FAQ**. 2024. Disponível em <https://docs.expo.dev/faq/>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- FCB. **Normas e Procedimentos FCB - 2021/2022**. 2021. Florianópolis. Disponível em <https://sistema.basket-fcb.com.br/conteudo/paginas/2/caderno-de-normas-e-procedimentos-2021-e-2022.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- FIBA. **Official Basketball Rules 2022 - Basketball Equipment**. 2022. Disponível em <https://www.fiba.basketball/documents/BasketballEquipment.pdf>. Acesso em 27 nov. 2023.
- FRIYIA, Daniel. **React-Native with Expo and Bluetooth Low Energy for Beginners**. 2023. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=UuHLPsjp6fM>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- HANSSON, N., & VIDHALL, T. . **Effects on performance and usability for cross-platform application development using React Native**. 2016.
- KUBÍNOVÁ, Š., & ŠLEGR, J. .**Physics demonstrations with the Arduino board**. 2015. Physics Education, 50(4), 472.
- KUITUNEN, M., **Cross-Platform Mobile Application Development with React Native**. Bachelor's thesis. 2019.
- MUJCIC, E., & DRACULIC, U. **The Use of Microcontroler and Android Operating system for Control Matrix Display**. 2016.
- NETO, Arilo; CLAUDIO, Dias. **Introdução a teste de software**. Engenharia de Software Magazine, v. 1, p. 22, 2007.
- OMG. **OMG Unified Modeling Language (OMG UML®)**. 2017. Disponível em <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF>. Acesso em 18 dez. 2024.
- PUHLMANN, Henrique. **Displays de LED de 7 Segmentos**. 2015.

REACT NATIVE. **Core Components and Native Components**. 2024. Disponível em <https://reactnative.dev/docs/intro-react-native-components>. Acesso em: 18 nov. 2024.

SOUZA, Anderson R. de et al. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, p. 01-05, 201

STADZISZ, Paulo Cezar. **Projeto de Software usando a UML**. 2002. Curitiba: CEFET.

TOZETTO, A *et al.* **Treinadores de Basquetebol: Os Desafios da Prática na Formação Esportiva de Jovens**. 2019. Cuadernos de Psicología del Deporte, Vol 19(1), 291-301

APÊNDICE A - PROTÓTIPOS E TESTES

O último protótipo virtual do placar encontra-se na plataforma Tinkercad. Nele é possível simular o funcionamento básico do relógio e verificar o código do sistema embarcado até o fim da prototipação virtual. Ele pode ser acessado através do seguinte link: https://www.tinkercad.com/things/hCxLBi5Nybi?sharecode=Cd3COsJz9teFxncJRtyH5AKqFS_64vYBfDukAzCC84c

Alguns dos testes de funções individuais realizados com o primeiro protótipo físico foram gravados e podem ser acessados no seguinte vídeo: <https://youtu.be/UrhUEp7XSWk>

Para o teste de sistema a partida que foi utilizada no cenário de avaliação está disponível no seguinte vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=uJs693eNfuQ>

Já o protótipo da segunda versão da aplicação móvel está salvo na plataforma Snack. Ele pode ser acessado através do seguinte link: <https://snack.expo.dev/@samuel.guilan/scoreboard-controller>

APÊNDICE B - CÓDIGO DO SISTEMA

O código fonte das versões mais recentes do sistema estão disponíveis na plataforma Github através do link:

<https://github.com/samuelguilan/scoreboard-controller>

APÊNDICE C - ARTIGO

Sistema embarcado de placar e relógio de basquete: um projeto de baixo custo e uso flexível

Samuel Guimarães Landre

Departamento de Informática e Estatística (INE) – Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC)
Florianópolis – SC – Brazil

samuel.landre@grad.ufsc.br

Abstract. *Basketball scoreboard and clock mechanisms can be used in competitions and sports training. Current solutions on the market that are used in university-level competitions have high costs and limited functionality, in addition to requiring multiple operators. This project seeks a low-cost alternative that can be used in competition environments and easily operated in training situations. The Arduino platform was chosen for the embedded system, and 7-segment displays were used for the visual representation. The embedded system was prototyped using a simulation platform and a small-size prototype.*

Resumo. *Mecanismos de placar e relógio de basquete podem ser usados em competições e em treinos do esporte. As soluções atuais no mercado que são utilizadas em competições de nível universitário possuem valor elevado e funcionalidades limitadas, além de necessitarem de vários operadores. Com este projeto busca-se uma alternativa de baixo custo e que possa ser utilizada em ambientes de competição e operada de maneira facilitada em situações de treino. Foi escolhida a plataforma Arduino para o sistema embarcado, e displays de 7 segmentos foram usados para a representação visual. Foi realizada a prototipação do sistema embarcado utilizando uma plataforma de simulação e um protótipo físico de escala reduzida.*

1. Introdução

Atualmente, os placares eletrônicos utilizados em competições de basquete apresentam diversos desafios, como o custo, dificuldade de operação e limitações de utilização. Nesse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema que visa superar essas barreiras, proporcionando uma solução mais acessível e de fácil operação.

Um dos principais motivadores para o desenvolvimento deste projeto foi a busca por trazer uma opção de custo reduzido. Os placares eletrônicos disponíveis no mercado tendem a ter um preço elevado, principalmente as versões mais completas e profissionais.

Tozetto et al. (2018, p.295), em um estudo sobre os desafios de treinadores de basquetebol, traz: “Sobre os desafios para gerir a prática, um dos principais temas destacados foi a falta de recursos financeiros”. Nesse cenário faz sentido a busca por

reduzir os custos com equipamentos para grupos com recursos financeiros limitados, como competições amadoras, ligas universitárias ou escolas com orçamentos restritos.

Outro fator relevante é a dificuldade de operação dos placares eletrônicos existentes. Dentro das regras oficiais definidas pela Confederação Brasileira de Basketball (2022), três oficiais de mesa são dedicados exclusivamente para a operação do placar e relógio da partida. Também é válido mencionar que em cenários profissionais os responsáveis por tais funções são oficiais de arbitragem que passaram por um processo de formação de árbitros.

Com o intuito de facilitar a operação do placar, se propõe utilizar um aplicativo móvel para o controle do placar, que pode ser operado por apenas um usuário. Essa abordagem permite que os operadores utilizem seus próprios dispositivos móveis, os quais estão amplamente disponíveis e são de uso comum. Além disso, busca-se eliminar a necessidade de treinamento específico, tornando a operação mais intuitiva e acessível.

2. Desenvolvimento

O desenvolvimento do sistema proposto pode ser dividido em duas frentes: O desenvolvimento do sistema embarcado de funcionamento e representação visual do placar e relógio e o desenvolvimento da aplicação móvel responsável pelo controle das informações de entrada no sistema embarcado.

2.1. Engenharia de requisitos

Para o planejamento do sistema a ser desenvolvido foram considerados os cenários de utilização do placar a ser construído. Primeiramente levou-se em conta as regras da Confederação Brasileira de Basketball (2022), principalmente no que diz respeito às funções do assistente do apontador (Art.48), cronometrista (Art.49) e operador de 24 segundos (Art.50). Dentro deste conjunto de regras é possível extrair as informações que precisam ser representadas pelo placar e relógio.

Outra fonte de informações para os requisitos do projeto foi o guia de equipamentos da Federação Internacional de Basquete (FIBA), que traz uma descrição detalhada das características físicas necessárias para um placar a ser utilizado em competições da federação.

Levando isso em conta buscou-se desenvolver uma aplicação móvel que possa atender ambos casos, porém com foco inicial maior na utilização por apenas um operador.

O sistema deve ser capaz de lidar com as principais funções do assistente de apontador, cronometrista e operador de 24 segundos sendo realizadas por um único operador. Tendo em vista o objetivo de facilitar a operação do placar, foram selecionadas apenas as funções mais importantes a serem monitoradas durante a partida.

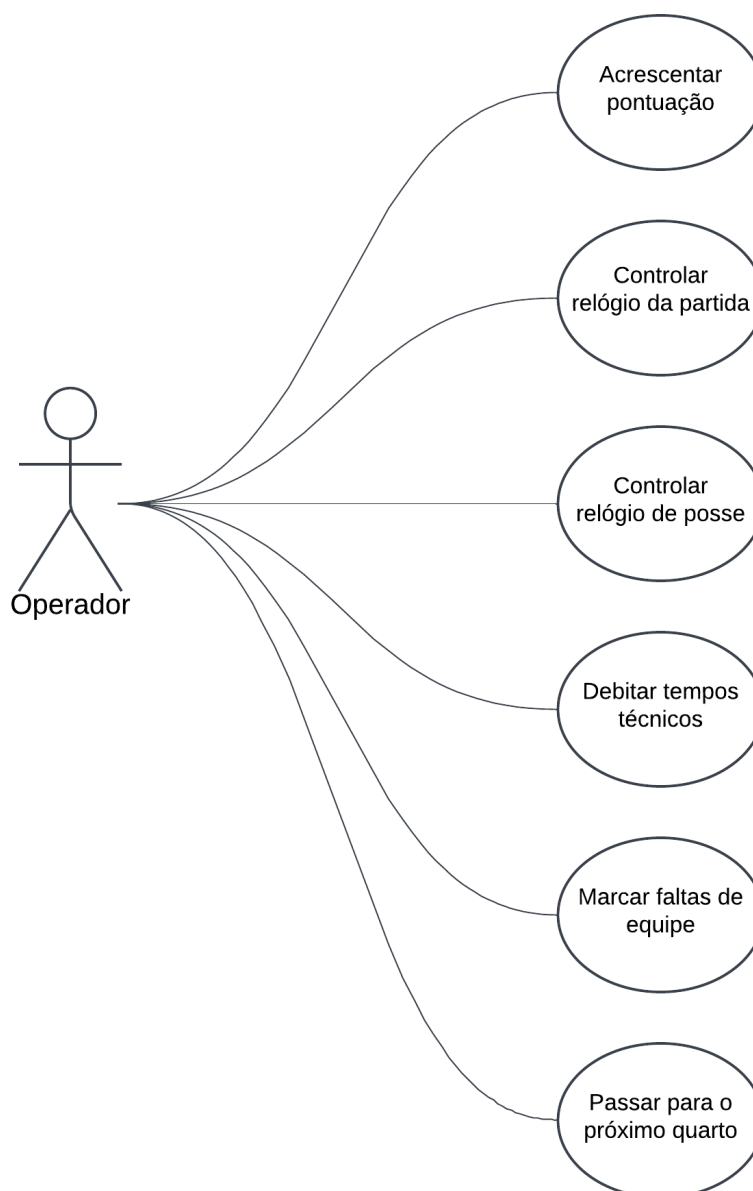


Figura 3. Diagrama de casos de uso das funcionalidades do placar

2.2. A aplicação móvel

Para o desenvolvimento da aplicação móvel foi escolhido o React Native, levando em conta a intenção de disponibilizá-la para os dois sistemas operacionais móveis mais populares atualmente. Mais especificamente foi escolhido o framework Expo. Isso foi feito levando em conta a facilidade para a prototipação da interface durante o desenvolvimento da aplicação. O desenvolvimento ocorreu através de um ciclo de vida iterativo e incremental, com três iterações

Inicialmente foi desenvolvida uma interface simples com os controles de início e pausa do relógio, além do reinício do relógio de posse nos tempos de 14 e 24 segundos. Essa primeira versão traz uma base das posições para os botões que mais são usados durante uma partida.

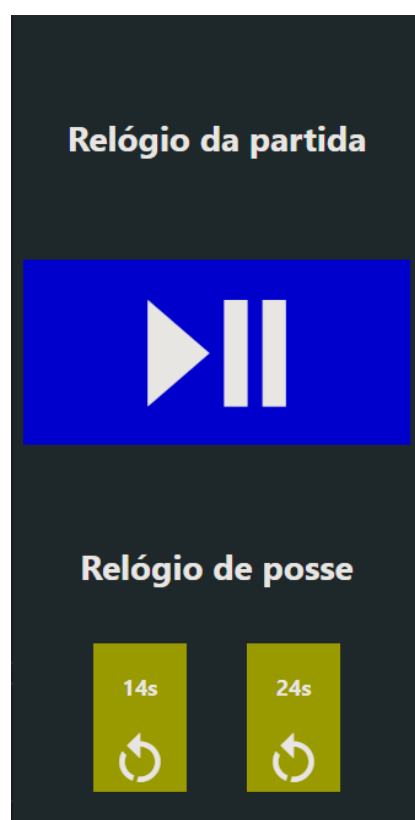


Figura 4. Interface do primeiro protótipo da aplicação móvel

Em seguida a interface foi incrementada com as ações relacionadas ao controle do placar. Isso incluiu a adição de pontos e faltas e débito de tempos técnicos, para cada uma das equipes. Também foi feita a correção de erros encontrados na primeira versão.



Figura 5. Interface do segundo protótipo da aplicação móvel

O desenvolvimento dessas duas versões foi realizado através das ferramentas Snack e Go do framework Expo. Já para a terceira versão foi necessário mudar para um projeto local, utilizando o serviço de nuvem Expo Application Services (EAS).

Na terceira versão da aplicação móvel foi realizada a implementação da comunicação bluetooth com o quarto protótipo do sistema embarcado. Também foi realizada uma revisão da interface visual da aplicação para comportar as novas funcionalidades necessárias para o funcionamento completo do placar.

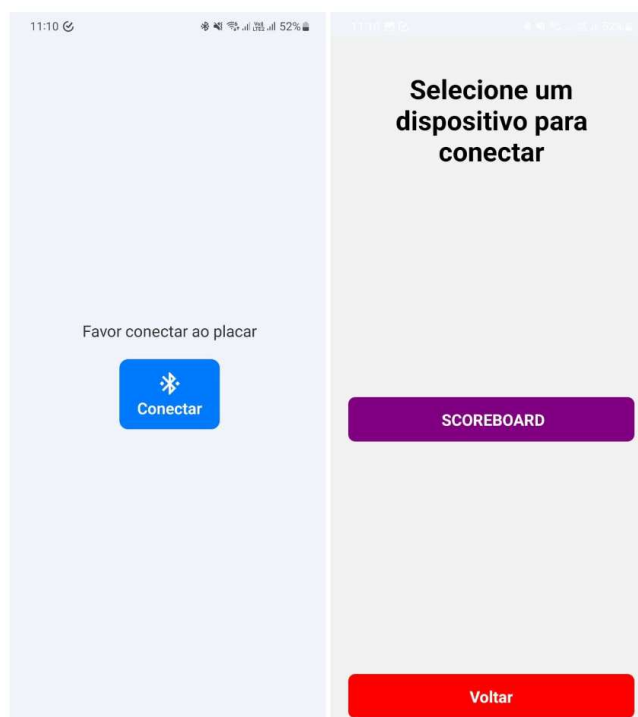


Figura 6. Telas da conexão bluetooth do terceiro protótipo da aplicação móvel

Para a comunicação entre as duas partes do sistema foi definido um modelo onde a aplicação móvel funciona como um controle remoto, enviando comandos que são lidos pelo sistema embarcado. Esse modelo traz algumas limitações à funcionalidade da aplicação, porém foi escolhido levando em conta a dificuldade de configuração do módulo bluetooth no sistema embarcado.



Figura 7. Controles do placar do terceiro protótipo da aplicação móvel

2.3. O sistema embarcado

No lado do sistema embarcado inicialmente foram feitos dois protótipos virtuais na plataforma de simulação Tinkercad. Esses primeiros protótipos abordaram principalmente a lógica de representação visual dos valores do placar.

Ao fim da prototipação virtual foi possível estabelecer uma base do programa que controla o funcionamento e representação do relógio. Além disso foi possível identificar uma série de problemas a serem corrigidos para as próximas versões.

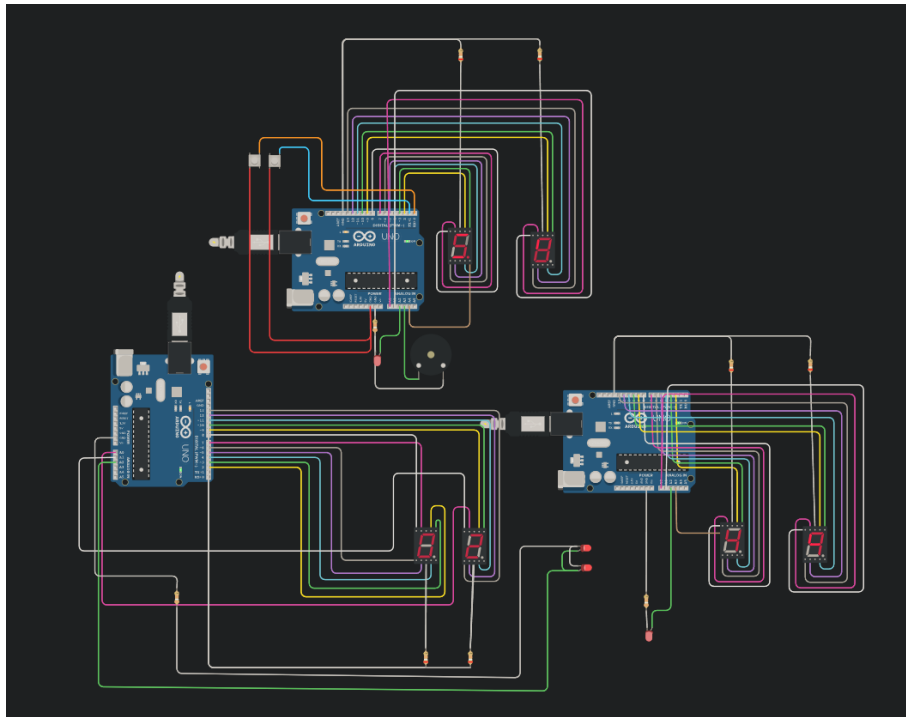


Figura 8. Esquema de componentes do segundo protótipo virtual

Após a prototipação em simulador foi então construído um primeiro protótipo físico. Nele, a escolha de componentes foi feita buscando ser o mais próximo possível do eventual sistema final. Isso para que os componentes adquiridos possam ser utilizados nas próximas versões, minimizando o custo de prototipação. A principal limitação da escolha dos componentes foi em relação ao tamanho dos displays de 7 segmentos. Também em relação aos displays optou-se por utilizar diferentes tipos em simultâneo, de modo a avaliar quais os melhores modelos a serem utilizados no sistema final.

Ao fim deste protótipo foi possível implementar a maior parte das funcionalidades esperadas do sistema embarcado, com o controle e representação das informações de placar e relógio. Porém assim como nas versões anteriores também houve a identificação de problemas a serem corrigidos.

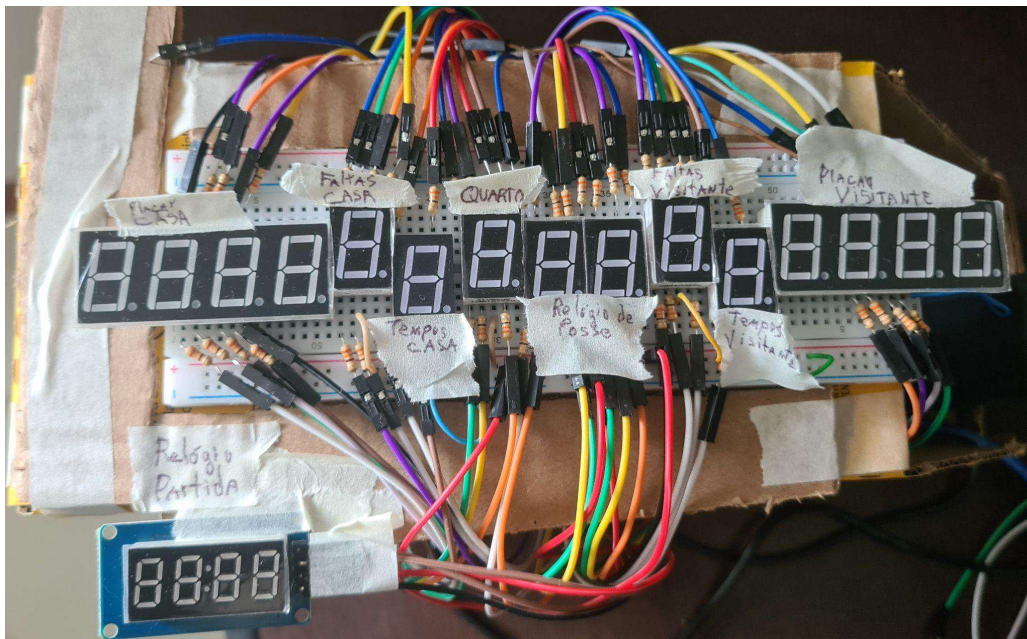


Figura 9. Componentes do primeiro protótipo físico

Para o segundo protótipo físico, houve um incremento de funcionalidades sobre a versão anterior. A principal mudança foi a configuração da conexão bluetooth através de um módulo externo. Também foi adicionada a funcionalidade de reiniciar a partida mantendo o sistema em funcionamento, refletindo as alterações realizadas na terceira versão da aplicação móvel.



Figura 10. Segundo protótipo físico em funcionamento

3. Testes e avaliação do sistema

3.1. Metodologia de teste

Durante o desenvolvimento do sistema foram realizados testes de unidade à medida que as funcionalidades foram desenvolvidas. Isso foi feito tanto para os componentes de interface da aplicação móvel quanto para a representação visual e lógica interna do sistema embarcado.

Ao final do desenvolvimento foi realizado um teste para avaliar o sistema desenvolvido em seu último estado disponível, na terceira versão da aplicação móvel e no quarto protótipo embarcado. Levou-se em conta também a codependência das duas partes do sistema, onde a utilização de uma depende da outra.

Com um teste de sistema é possível avaliar se os casos de uso definidos no planejamento funcionam corretamente. Adicionalmente também são avaliados aspectos não funcionais do sistema, como a usabilidade dos controles e a estabilidade da conexão.

3.2. Cenário de avaliação

Para a avaliação do sistema foi escolhida uma partida de basquete gravada, a ser reproduzida sem pausas durante os testes. A escolha de um jogo gravado ao invés de um em tempo real levou em conta a possibilidade de repetição do mesmo teste. Isso também traz uma maior flexibilidade de horários para a execução do teste.

Foi elaborado um documento de texto para a avaliação do sistema após a realização dos testes. Este documento inclui um quadro avaliando os casos de uso definidos anteriormente quanto ao seu funcionamento. No mesmo documento também há um quadro para a avaliação da usabilidade da aplicação e da conexão entre a aplicação móvel e o sistema embarcado, com um campo de texto para comentários sobre dificuldades encontradas.

A avaliação foi realizada pelo o autor do trabalho e desenvolvedor do sistema. Isso traz limitações para a avaliação, uma vez que o autor já possui um conhecimento prévio de como o placar “deve” ser operado. Por outro lado traz a perspectiva de um operador sem experiência de arbitragem em uma partida de basquete, sendo mais propenso a erros durante a execução.

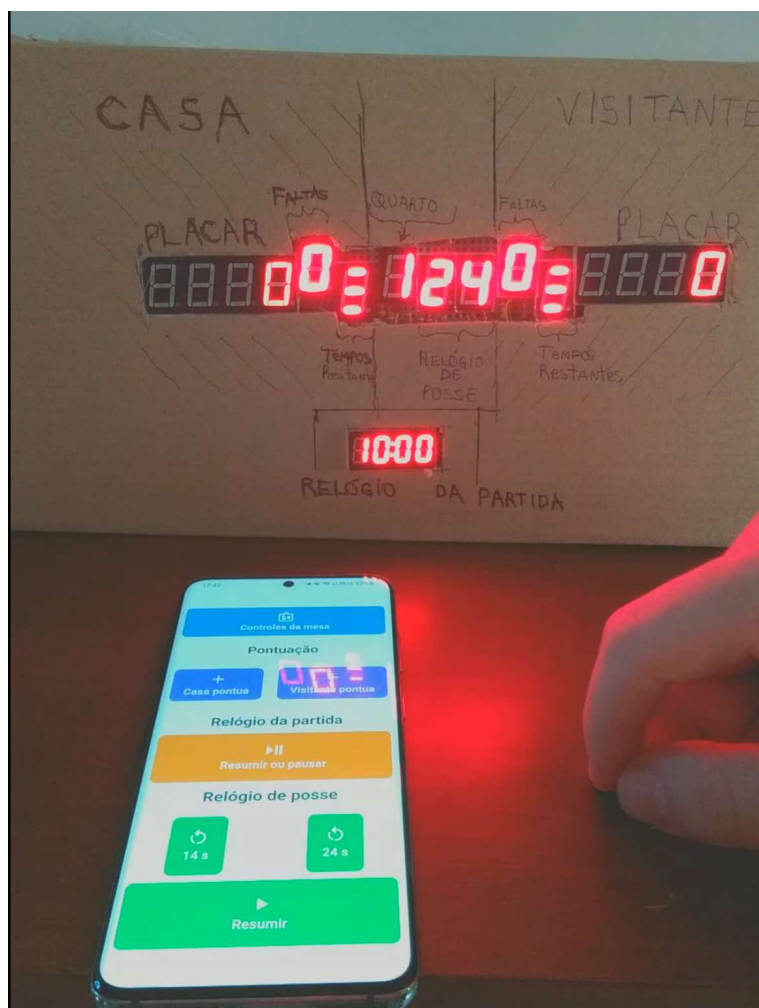


Figura 11. Configuração física do cenário de avaliação

3.3. Resultado da avaliação

Durante a execução da avaliação, um primeiro ponto observado foi a dificuldade para administrar todas as funções do placar ao mesmo tempo, especialmente nos momentos iniciais do jogo com uma sequência de jogadas mais rápidas. Isso levou a alguns erros na operação do placar, como a demora para atualizar o relógio de posse e pausar o relógio da partida após um apito. Em outros momentos no primeiro quarto também houve o esquecimento de registrar algumas faltas.

Como consequência disso trouxe à tona o primeiro problema de usabilidade do sistema: a falta de opção para corrigir erros cometidos. Em um momento onde o relógio demorou para ser pausado já não foi possível corrigir essa informação, mesmo tendo tempo disponível com o jogo parado. Quando uma falta foi marcada para a equipe incorreta isso não pôde ser revertido. Esse é um problema grave, especialmente considerando o objetivo da utilização do placar por usuários sem treinamento formal de arbitragem. Logo faz-se necessário trazer alguma forma de recuperação de erros para uma versão futura.

À medida que a partida foi progredindo, o executor dos testes foi se familiarizando com as funções associadas ao placar, e a utilização foi se tornando mais familiar e fluida. No geral, a maior parte das funcionalidades do placar tiveram um desempenho considerado adequado. O Quadro 3 apresenta o resultado dos testes dos requisitos funcionais do projeto.

Quadro 1. Avaliação das funcionalidades do placar

Funcionamento	Adequado	Parcial	Inadequado
Acréscimo pontuação	X		
Controlar relógio da partida		X - Falta de sincronia com relógio de posse no fim dos quartos	
Controlar relógio de posse		X - Algumas falhas ao resumir	
Debitar tempos técnicos	X		
Marcar faltas de equipe	X		
Passar para o próximo quarto	X		

Dentre os casos de uso planejados para o sistema, os únicos que apresentaram problemas funcionais foram os dois relacionados aos relógio de partida e de posse. O controle do relógio da partida não representou os segundos finais com a graduação em milissegundos, como deveria ocorrer. Além disso, nos momentos onde o valor do relógio de partida era menor do que o relógio de posse este último não desligou como deveria, de maneira a não representar informações conflitantes. Após verificação foi identificado que a causa destes erros foi a implementação incorreta da função, feita sem levar em conta a regra completa.

Já o controle do relógio de posse apresentou algumas falhas ao tentar resumir o mesmo, onde houve a tentativa de ativar a função porém a mesma não ocorreu. Durante a utilização não ficou claro se isso foi por uma falha de comunicação bluetooth ou de acionamento do botão. Vale mencionar que este problema não ocorreu ao testar individualmente a função.

Com essa questão do botão não sendo acionado foi observado um outro problema de usabilidade do sistema, que é a falta de feedback adequado ao clicar em um botão. Os botões possuem uma animação ao serem clicados, porém durante o uso da aplicação a atenção do operador fica voltada para o jogo e o dispositivo móvel fica no máximo na visão periférica. Com isso a animação existente quase não é percebida. Para corrigir tal problema seria necessário uma reação mais pronunciada, seja por meio de um feedback tátil ou de uma animação mais visível.

Um ponto positivo da usabilidade da aplicação foi a acessibilidade dos botões. Mesmo com o dispositivo móvel somente na visão periférica os botões demonstraram-se de fácil acesso, podendo inclusive serem operados com apenas uma mão.

Outro aspecto não funcional avaliado foi a conexão entre a aplicação móvel e o sistema embarcado. A estabilidade mostrou-se adequada, não ocorrendo quedas ou falhas de conexão durante toda a partida. Já quanto ao tempo de resposta a adequação foi parcial. Isso devido ao fato que ao resumir o relógio da partida era perceptível um atraso a olho nu. Tal atraso não ocorria nos testes do terceiro protótipo embarcado, indicando que a provável causa seja a comunicação entre os dois sistemas implementada no protótipo mais recente.

3.4. Avaliação de custos

Levando em conta a busca por este ser um projeto de baixo custo, também foram avaliados os custos com componentes do protótipo produzido. Também foi realizada uma estimativa de quais seriam os custos para produzir o mesmo protótipo em maior escala. A estimativa do protótipo de maior escala foi feita considerando o uso dos maiores displays de 7 segmentos encontrados em mercado nacional, de 4 polegadas de altura. Outros componentes que também teriam mais custos associados seriam os de alimentação, fiação e estrutura física de suporte. A Tabela 1 traz o levantamento de custos dos protótipos.

Tabela 1. Levantamento de custos

	Protótipo desenvolvido	Protótipo em maior escala
Painéis de 7 segmentos	R\$25	R\$ 1050
Unidade de controle	R\$110	R\$110
Módulos arduino	R\$50	R\$50
Fonte de alimentação	R\$20	R\$50
LED para indicador de tempos técnicos	R\$4	R\$30
Resistores	R\$7	R\$7
Estrutura física	R\$15	R\$100
Fiação	R\$15	R\$30
TOTAL	R\$246	R\$1427

Apesar de trazer apenas os custos dos componentes, a estimativa feita traz uma redução considerável de valor quando comparada ao custo de placares prontos disponíveis na data em que a estimativa foi feita. A Tabela 2 abaixo traz um comparativo entre essa estimativa e algumas opções encontradas no mercado.

Tabela 2. Comparativo de valores

Modelo	Observações	Valor	Disponível em:
Protótipo em maior escala	Custo somente dos componentes.	R\$1427	–
Placar profissional	Dígitos maiores porém com menos informações.	R\$7290	https://www.jvesportes.com.br/placar-eletronico-poliesportivo-modelo-01.html
Placar importado	Alguns dígitos menores. Valor inclui frete e impostos.	R\$2.491	https://pt.aliexpress.com/item/1005006051691392.html?src=google

4. Conclusão e trabalhos futuros

Em suma, o projeto apresenta um protótipo de sistema de placar e relógio de basquete de baixo custo e uso flexível. Ao auxiliar a democratização do acesso a esses sistemas, o projeto busca contribuir para o desenvolvimento do esporte em competições amadoras e ambientes com recursos financeiros limitados.

Durante o desenvolvimento do sistema embarcado, utilizou-se de um ciclo de vida baseado em prototipação para uma avanço ágil do sistema. Isso se deu inicialmente através de uma plataforma de simulação, que reduziu riscos com acidentes e dano a componentes. Posteriormente foram utilizados protótipos físicos de tamanho reduzido.

O desenvolvimento do sistema móvel ocorreu de maneira semelhante, com protótipos da interface a ser utilizada. O foco inicial foi a usabilidade da mesma para ser operada por apenas uma pessoa, buscando posicionar os botões de acordo com a sua frequência de uso. Em seguida a interface foi refinada e a aplicação foi incrementada com a comunicação bluetooth para a integração dos sistemas.

Com os dois sistemas integrados foi então realizada uma avaliação do sistema, com uma simulação de sua utilização em uma partida. Ao final dessa avaliação foi possível observar que o sistema conseguiu atingir sucesso em maior parte de suas funcionalidades. Porém também foram identificados pontos a serem melhorados para um sistema que possa ser utilizado em partidas reais.

Dentre as questões a serem resolvidas em trabalhos futuros destacam-se melhorias na usabilidade da aplicação. A principal delas é que o sistema deve ser mais

capaz de lidar com erros, trazendo uma opção para corrigir informações inseridas incorretamente.

Para versões futuras do sistema também é válido avaliar opções alternativas de comunicação sem fio entre o sistema embarcado e a aplicação móvel. Isso devido às limitações encontradas com a comunicação bluetooth.

Referências

- CBB (2022). Regras Oficiais de Basquetebol – outubro/2022. 2022. Disponível em <https://www.cbb.com.br/wp-content/uploads/Regras-Oficiais-Basketball-2022-ALTE-RACOES-OUTUBRO-2022-Final.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- FIBA (2022). Official Basketball Rules 2022 - Basketball Equipment. Disponível em <https://www.fiba.basketball/documents/BasketballEquipment.pdf>. Acesso em 27 nov. 2023.
- TOZETTO, A et al. (2019). Treinadores de Basquetebol: Os Desafios da Prática na Formação Esportiva de Jovens. Cuadernos de Psicología del Deporte, Vol 19(1), 291-301