

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
() PRÉ-PROJETO	(x) PROJETO	ANO/SEMESTRE:2020/2

ARVORES-RA: EXPLORANDO ÁRVORES COM REALIDADE AUMENTADA

Bruno Geisler Vigentas

Dalton Solado dos Reis – Orientador

Mauricio Capobianco – Coorientador

1 INTRODUÇÃO

Os professores possuem várias maneiras de diversificar suas aulas de forma que seus alunos aprendam os conteúdos propostos da melhor maneira, uma destas são as aulas de campo. As aulas de campo no ensino da biologia são práticas que propiciam aos alunos a oportunidade de levar para fora da sala de aula o conteúdo estudado, transcendendo assim as barreiras do ambiente escolar para a realidade e possibilitando ao aluno um novo meio de aprendizagem (SOUSA *et al.*, 2016). Como Araujo *et al.* (2015) demonstram em sua pesquisa realizada com alunos antes e depois da execução de aulas de campo, essas despertam interesse e desenvolvimento cognitivo, proporcionando uma maior relação com o conteúdo teórico. Nas perguntas da pesquisa foi possível notar um melhor desempenho dos estudantes e, por consequência, um maior aproveitamento dos conteúdos ministrados pelos professores, tendo uma reflexão na melhoria da aprendizagem (ARAUJO *et al.*, 2015).

De acordo com Campos (2012), as aulas de campo representam muito mais do que uma simples visita ao meio ambiente. Com elas os alunos são capazes de compreender a dinâmica do ecossistema que os rodeia, instruindo-se sobre sua fauna e flora local tendo maior ciência sobre sua conservação. Tal atividade permite aos alunos a exploração de conceitos, procedimentos e atitudes que se tornam de grande valia para programas de educação ambiental (VIVEIRO; DINIZ, 2009). Os ambientes fora da sala de aula aguçam a mente dos estudantes e fazem com que eles tenham vontade de aprender, dado que se caracterizam como espaços estimulantes que, quando bem aproveitados, se tornam um relevante cenário para a aprendizagem, preenchendo lacunas que vão sendo criadas ao decorrer do ensino na sala de aula. (CARBONNEL, 2002, apud SOUSA *et al.*, 2016). As aulas de campo são oportunidades nas quais os alunos podem descobrir novos ambientes fora da sala de aula, incluindo a observação e o registro de imagens (MORAIS; PAIVA, 2009).

Algumas ferramentas tecnológicas são capazes de ajudar os alunos no âmbito da observação e conhecimento dos elementos do campo. Uma dessas ferramentas é o PlantSnap, que permite ao usuário a identificação de forma precisa e instantânea de mais de 600 mil espécies a partir de fotos de plantas e árvores tiradas pelo próprio aplicativo, proporcionando ainda pequenas interações com o uso de Realidade Aumentada (PLANTSNAP, 2020).

Como Schmalstieg e Höllerer (2016) comentam, a Realidade Aumentada promete a criação automática e direta entre o mundo físico e a informação eletrônica, possibilitando com que essa informação pareça parte do mundo real na percepção do usuário. Na visão de Azuma (1997, p. 03, tradução nossa) “A Realidade Aumentada melhora a percepção e interação do usuário com o mundo real. Os objetos virtuais mostram informações que o usuário não consegue detectar diretamente com seus próprios sentidos. A informação transmitida pelos objetos virtuais ajuda o usuário a realizar tarefas do mundo real”. Como Zorzal e Kirner (2005) relatam, a tecnologia de Realidade Aumentada na educação tem o potencial de enriquecer os materiais didáticos, estimulando o aluno a visualizar, conhecer e explorar os conteúdos ministrados pelos professores, possibilitando um aprendizado interativo e dinâmico.

Diante do contexto apresentado, este trabalho se propõe a auxiliar no conhecimento de árvores da flora local, demonstrando informações e modelos 3D das árvores a partir da digitalização das folhas das árvores com um aplicativo para celular por intermédio da Realidade Aumentada. O aplicativo ampliará as possibilidades de interação dos alunos em suas saídas a campo e ao mesmo tempo facilitará o conhecimento sobre as árvores.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho possui como objetivo disponibilizar um aplicativo para auxiliar a busca do conhecimento de árvores por intermédio da Realidade Aumentada.

Os objetivos específicos são:

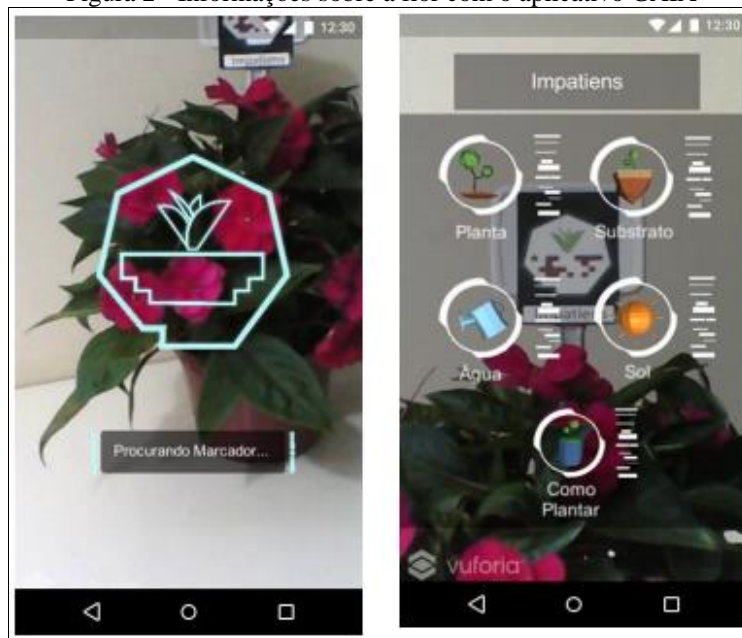
- utilizar as folhas das árvores como marcadores para apresentação do conteúdo em Realidade Aumentada;
- testar diferentes estados das folhas como marcadores;
- analisar a eficácia do aplicativo com estudantes em aulas de campo.

O autor aponta algumas limitações do trabalho, que podem servir também como extensões em caso de uma possível implementação a partir dele. Como a necessidade de um alto contraste entre a folha e o fundo, a limitação da aplicação apenas funcionar em telas com resolução de 1920x1080p, a dependência de uma base de dados previamente criada na API Plantarum e a impossibilidade de realizar a identificação de espécies a partir de fotos capturadas fora do aplicativo.

2.2 GAIA: DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA BASEADO EM REALIDADE AUMENTADA PARA AUXILIAR A ESCOLHA E CULTIVO DE PLANTAS ORNAMENTAIS EM CENTROS DE PAISAGISMO

O trabalho de Oliveira e Prado (2018) objetivou o desenvolvimento de um aplicativo Android com uso da Realidade Aumentada visando oferecer informações necessárias e confiáveis para auxiliar pessoas na escolha de flores e plantas ornamentais (Figura 2). Para a construção do projeto optou-se pelo uso do motor de jogos Unity, que faz uso da linguagem de programação C# em conjunto com a *software development kit* (SDK) Vuforia, um dos principais *kits* para o desenvolvimento voltado à Realidade Aumentada. O Vuforia possui uma variedade de algoritmos de rastreamento para ancorar os elementos virtuais ao mundo real. Como por exemplo pelo rastreamento do formato de objetos (Model Target), pelo rastreamento por imagens planas (Image Target), por meio de códigos mesclados em conjunto de logomarcas de empresas (VuMarks) e através do escaneamento 3D do objeto a ser rastreado (Object Recognition) (OLIVEIRA; PRADO 2018).

Figura 2 - Informações sobre a flor com o aplicativo GAIA



Fonte: Oliveira e Prado (2018, p. 21).

A opção escolhida para o trabalho foi o VuMarks, criando-se os marcadores por bases no VuMark Database, realizando-se a separação de centros de paisagismos por *databases* e a de plantas por marcadores. Os objetos 3D do projeto foram criados através da utilização da ferramenta Autodesk Maya e os dados sobre as plantas e seu cultivo foram armazenados no banco SQLite, selecionando-se os dados e o objeto 3D de acordo o identificador único de cada VuMark (OLIVEIRA; PRADO 2018).

Os autores apontam limitações encontradas no decorrer do projeto, como a dificuldade de funcionamento do aplicativo em dispositivos com câmeras de baixa qualidade ou em condições de luminosidade baixa ou alta demais. Assim como fornecem sugestões de extensões do projeto, como o uso da geolocalização para selecionar o estabelecimento da base de dados do VuMark, que hoje é feita manualmente através de um menu dentro do aplicativo (OLIVEIRA; PRADO 2018). Oliveira e Prado (2018) completam os objetivos iniciais do projeto, entregando ao usuário acesso às informações necessárias para tomada de decisão quanto à escolha das plantas ornamentais, enfatizando a satisfação no uso da Realidade Aumentada para melhorar o mundo real através da inserção de informações geradas virtualmente.

2.3 PLANTSAP

O PlantSnap é um aplicativo que conta com 32 milhões de instalações e foi elaborado a partir da falta de uma tecnologia para identificação de plantas de forma rápida, sem a necessidade de livros ou tentativas de

descrever as características de uma planta ao Google com o intuito de encontrar sua espécie (PLANTSAP INCORPORATED, 2020). O sistema visa reconectar as pessoas com a natureza e umas com as outras através de um aplicativo para celular capaz de identificar rapidamente plantas, flores e árvores, possibilitando que os usuários compartilhem suas descobertas na natureza com outras pessoas. Por fim, o aplicativo ainda conta com uma seção em Realidade Aumentada na qual folhas ou flores são detectadas por meio de imagens da câmera e servem como âncoras para a renderização de objetos 3D, como demonstrado na Figura 3 (PLANTSAP INCORPORATED, 2020).

Figura 3 - Âncoras para renderização de objetos 3D



Fonte: digitalizado do aplicativo PlantSnap (2020).

Diferente de outros aplicativos com o mesmo objetivo, que identificam não mais do que cinco mil espécies e demoram até dias para entregar os resultados, o PlantSnap é capaz de realizar o reconhecimento de mais de 620 mil plantas com uma acurácia de 94% entregando a resposta instantaneamente. Para chegar a esses resultados, o aplicativo utiliza um algoritmo de Aprendizado de Máquina que foi treinado com mais de 250 mil imagens (PLANTSAP INCORPORATED, 2020).

3 PROPOSTA DO SOFTWARE

Neste capítulo será apresentada a relevância deste trabalho para a área social bem como para a tecnológica. Além disso, serão exibidos os principais Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF), a metodologia a ser utilizada e o cronograma a ser seguido no decorrer do trabalho.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 é apresentado um comparativo das características mais notáveis entre os trabalhos correlatos. Nas linhas são descritas as características e nas colunas os trabalhos.

Quadro 1 - Características dos trabalhos correlatos

Características \ Correlatos	Plantarum – Bortolon (2014)	Gaia – Oliveira e Prado (2018)	PlantSnap - PlantSnap (2020)
Identifica espécie	Sim	Não	Sim
Uso da Realidade Aumentada	Não	Sim	Sim
Necessário marcador para uso da Realidade Aumentada	X	Sim	Não
Providencia informações sobre a espécie	Não	Sim	Sim
Plataforma	Android	Android	Android/iOS
Realiza processamento no próprio dispositivo	Não	X	Não
Trabalha off-line	Não	Não	Não

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme constatado no Quadro 1, as aplicações Plantarum e PlantSnap são capazes de realizar a identificação das espécies de plantas e/ou árvores, enquanto a aplicação Gaia não. Essa é uma das características mais interessantes dentre as citadas, pois no contexto das aulas de campo permite que os alunos tenham autonomia na descoberta da flora ao seu redor, sem a necessidade de auxílio de um professor ou livro. Para realizar a identificação da espécie, o Plantarum utiliza a API Plantarum. Desenvolvida em 2012, a API faz a extração das características relevantes da folha e com isso é capaz de identificar a espécie a partir de uma base de dados de espécies já treinadas (CASSANIGA, 2012). Já o aplicativo PlantSnap realiza a identificação através de um processo de treinamento executado em um algoritmo de *machine learning* de código fechado, que está em processo de patenteamento (PLANTSAP INCORPORATED, 2020). Um ponto que fica notável entre PlantSnap e Plantarum com o apresentado é que o processamento para a identificação da espécie não é realizado no próprio dispositivo.

A Realidade Aumentada é utilizada em duas aplicações, Gaia e PlantSnap. Gaia utiliza a Realidade Aumentada para trazer a informação do mundo virtual ao real em forma de textos e exibe informações como o nome da planta e a quantidade diária necessária de água e luz e, através de animações 3D, aponta o passo-a-passo sobre como plantar a espécie (OLIVEIRA; PRADO, 2018). PlantSnap (2020), utiliza a Realidade Aumentada de uma maneira mais simples identificando se a imagem se trata de uma flor ou de uma folha. Caso seja identificado uma flor, a aplicação irá mostrar uma animação de uma abelha 3D realizando a polinização, caso seja uma folha, irá demonstrar o processo da fotossíntese.

A partir do comparativo das características, é possível perceber que não há um aplicativo capaz de fazer a identificação da espécie e disponibilizar informações sobre ela com o uso da Realidade Aumentada ao mesmo tempo. O Aplicativo PlantSnap é capaz de realizar os dois, todavia não ao mesmo tempo. O usuário deve escolher se deseja identificar a espécie e visualizar informações sobre ela ou se deseja gerar a Realidade Aumentada, com a qual é possível apenas diferenciar uma flor de uma folha. Assim, essa será a principal contribuição tecnológica do projeto.

Além disso, em um mundo onde as pessoas são inseridas em um contexto tecnológico desde pequenas, a área educacional não tira o proveito que as mudanças tecnológicas proporcionam à sociedade. Diante deste contexto, o presente trabalho apresenta uma contribuição social pois irá propiciar aos alunos em aulas de campo uma nova interação, que permitirá a descoberta de informações sobre espécies de árvores e trará a informação virtual ao mundo real através do uso da Realidade Aumentada. O aplicativo utilizará as folhas das árvores para realizar o reconhecimento de algumas espécies e fazer a renderização de informações, tais como nome popular, nome científico, altura máxima, entre outras, que estarão disponíveis em um banco de dados com as informações pré-cadastradas, além de expor um modelo 3D da árvore utilizando-se da folha como uma espécie de marcador para ancorar este conteúdo virtual.

3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos do aplicativo são:

- permitir ao usuário iniciar o *scan* a partir de um menu na tela inicial (Requisito Funcional - RF);
- permitir ao usuário utilizar a câmera do celular para realizar o reconhecimento da folha (RF);
- irá renderizar um modelo 3D da árvore correspondente à folha (RF);
- exibir informações sobre a árvore à qual a folha pertence (RF);
- permitir ao usuário capturar uma foto do conteúdo sendo mostrado em sua tela e salvar em sua galeria (Requisito Não Funcional - RNF);
- utilizar a folha da árvore como marcador para ancoragem do conteúdo virtual (RNF);

- g) utilizar o ambiente de desenvolvimento Unity (RNF);
- h) utilizar a biblioteca OpenCV (RNF);
- i) ser desenvolvido para plataforma Android (RNF);
- j) utilizar o banco de dados SQLite (RNF).

3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: realizar levantamento bibliográfico sobre árvores, modelagem 3D, Visão Computacional, desenvolvimento de Realidade Aumentada com as ferramentas Unity e OpenCV e trabalhos correlatos;
- b) elicitação de requisitos: com base no levantamento bibliográfico e nos objetivos do trabalho, reavaliar e, se necessário, incorporar novos requisitos;
- c) seleção de espécies: realizar a seleção de espécies de árvores que serão reconhecidas pelo sistema, buscando informações sobre elas que serão armazenadas em um banco de dados;
- d) modelagem 3D: realizar a modelagem 3D das espécies das árvores selecionadas na etapa de seleção de espécies;
- e) modelagem de diagramas: realizar modelagem do diagrama de classes e do modelo entidade relacionamento a serem utilizados no projeto seguindo os padrões Unified Modeling Language (UML) com a ferramenta StarUML;
- f) carga banco de dados: realizar a normalização das informações sobre as espécies das árvores e inseri-las em um banco de dados;
- g) definição do método para reconhecimento da espécie: definir quais técnicas e métodos da Visão Computacional no campo de processamento de imagem serão utilizadas para fazer o reconhecimento da espécie;
- h) desenvolvimento: implementação do aplicativo seguindo a modelagem e os requisitos levantados, desenvolvendo em C# na Unity e com o uso do OpenCV;
- i) testes de requisitos: efetuar testes das funcionalidades do sistema por meio de testes unitários e testes de caixa-preta;
- j) teste do reconhecimento das imagens: realizar teste para verificar se as folhas estão sendo reconhecidas em diferentes estados;
- k) testes com usuários: efetuar testes de usabilidade com público alvo.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

etapas / quinzenas	2021									
	fev.		mar.		abr.		mai.		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico										
elicitação de requisitos										
seleção de espécies										
modelagem 3D										
modelagem de diagramas										
carga banco de dados										
definição do método para reconhecimento da espécie										
desenvolvimento										
testes de requisitos										
teste do reconhecimento das imagens										
testes com usuários										

Fonte: elaborado pelo autor.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo descreve brevemente os assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: árvores, Realidade Aumentada e Visão Computacional.

4.1 ÁRVORES

“O conhecimento de nossas árvores deve estar ao alcance de todos os cidadãos deste país, pois são consideradas riquezas naturais.” (LORENZI, 2008, p.12). Não apenas riquezas naturais, as árvores nativas estão

profundamente ligadas à história e à economia do país (LORENZI, 2009). Como Lorenzi (2009) comenta, a mais antiga e importante dessas associações vem do próprio nome da nação, “Brasil”, que foi adquirido da árvore conhecida pelo nome popular de “pau-brasil”, sendo apenas um dos muitos exemplos de nomes de árvores sendo utilizados em todo o Brasil para nomear cidades, ruas, praças, palácios, bairros, etc.

O Brasil é o país com a maior diversidade de árvores no mundo. Das mais de 60 mil espécies que existem no mundo, 8715 se encontram em território brasileiro, representando 14% do total (BBC, 2017). Como Lorenzi (2009) relata, a falta de conscientização quanto à exploração dos nossos recursos florestais tem acarretado prejuízos irreparáveis a essa diversidade. As florestas brasileiras são responsáveis por grande parte do mercado madeireiro do mundo. A exploração dessas florestas trouxe riquezas e contribuiu para a interiorização do desenvolvimento no país, entretanto ocasionou a destruição das reservas florestais (LORENZI, 1992). Com a tendência evidente da escassez global da oferta de madeira, países no mundo inteiro tem estimulado o plantio de espécies nativas para fins de exploração econômica (LORENZI, 1992).

As florestas não possuem apenas colaboração econômica, como Lorenzi (2009) pontua, as matas nativas absorvem o excesso da água das chuvas, que é devolvida à atmosfera através da transpiração das árvores, formando novas chuvas. A ausência das florestas nativas permite a perda dessa água para rios e oceanos, onde dificilmente voltarão à forma de nuvens para formação de chuvas (LORENZI, 2009). Além disso, Lorenzi (2009) relata que as árvores das florestas nativas fazem a filtragem da água das chuvas, que em muitas regiões são poluídas por agrotóxicos e afins, assim como fornecem alimentos para o equilíbrio e continuidade da fauna por meio das espécies frutíferas.

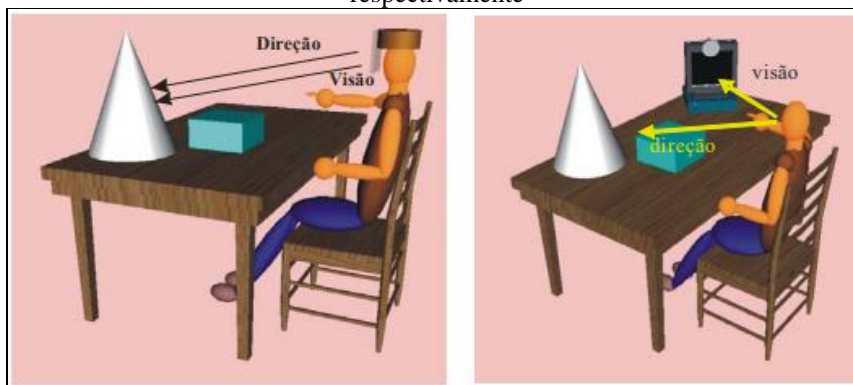
4.2 REALIDADE AUMENTADA

Segundo Azuma (2017, p. 01, tradução nossa), “Realidade Aumentada (AR) é uma experiência imersiva que sobrepõe objetos virtuais 3D sobre a visão direta de um usuário entorno do ambiente real, gerando a ilusão de que esses objetos virtuais existem naquele espaço”. Através da Realidade Aumentada é possível estender as fronteiras do mundo real, complementando este com informações virtuais que podem auxiliar os usuários em variadas áreas. Como Kirner *et al.* (2006) relatam, a Realidade Aumentada se beneficiou graças ao avanço da multimídia, que foi influenciada positivamente pelo aumento de banda das redes e permitiu a transferência de imagens e outros fluxos de informação com eficiência, e pelo desenvolvimento da Realidade Virtual, proporcionado pelo incremento na potência dos computadores. Sem essas evoluções, as principais características da Realidade Aumentada descritas por Azuma (2001) não seriam possíveis, como a combinação do mundo real e virtual executando de forma interativa em tempo real.

A Realidade Aumentada é apresentada ao usuário com o auxílio de equipamentos tecnológicos. Estes podem ser capacetes *Head Mounted Display* (HMD) com câmeras acopladas, que filmam a visão do usuário e permitem mesclar o mundo real e virtual trazendo a informação virtual à tela que é vista através do capacete, assim como também podem ser aplicativos para celulares ou computadores, onde a câmera do celular ou webcam monitoram o ambiente real e o conteúdo virtual é mesclado a ele e exposto na tela do celular ou no monitor do computador (KIRNER *et al.*, 2006).

Kirner *et al.* (2006) comentam que a Realidade Aumentada pode ser classificada de duas maneiras segundo a forma com que o usuário observa o mundo mesclado através dos dispositivos. Quando o usuário vê a mescla diretamente olhando para a posição real da cena por vídeo, a Realidade Aumentada é de visão direta (Imersiva). Já quando o usuário a observa através de um monitor, não olhando diretamente para o local ao qual os componentes virtuais estão sendo projetados, a Realidade Aumentada é de visão indireta (Não imersiva). As duas modalidades são ilustradas na Figura 4.

Figura 4 - Realidade aumentada de forma direta com HMD e de forma indireta, através de monitor, respectivamente



Fonte: Kirner *et al* (2006, p. 28).

Como Kirner e Siscoutto (2007) relatam, a escolha da visão a ser usada pode interferir na meta da Realidade Aumentada, que é criar um ambiente tão realista ao ponto em que o usuário não consiga distinguir as diferenças entre o real e o virtual.

4.3 VISÃO COMPUTACIONAL

Backes e Sá Junior (2016) definem a visão computacional como a área de estudos que tenta transmitir a habilidade da visão às máquinas, realizando a captação de imagens e realizando o aperfeiçoamento destas por meio da retirada de ruídos, aumentos de contraste, entre outras melhorias através da separação de regiões ou objetos de interesse e fazendo a extração de características de interesse. Executando assim a detecção de objetos em imagens e realizando a sua classificação (BACKES; SÁ JUNIOR, 2016).

Como Brownlee (2019) aponta, a classificação de imagens é o processo de dado uma imagem, dar uma classe a essa dizendo do que se trata a mesma. Enquanto a detecção de objetos é considerada uma evolução da classificação, uma vez que se é possível visualizar se a imagem possui mais de um objeto e detectar exatamente onde eles se encontram na figura, desenhando uma caixa sobre eles (BROWNLEE, 2019).

Existem dois principais conjuntos de algoritmos para detecção de objetos, os baseados no *Region-Based Convolutional Neural Network* (R-CNN) e os baseados no *You Only Look Once* (YOLO) (BROWNLEE, 2019). O primeiro inclui as técnicas de R-CNN, Fast R-CNN e Faster R-CNN. Brownlee (2019) explica que nesta técnica, o algoritmo primeiramente propõe regiões onde objetos poderiam possivelmente existir, em seguida ele faz o levantamento das características presentes nestas regiões e as compara com as características das classes existentes, realizando assim a classificação conforme a classe com maior número de combinações. Brownlee (2019) comenta que embora o algoritmo tenha sido um dos primeiros a encontrar grande sucesso na detecção de objetos através de redes neurais convolucionais, ele apresenta alguns pontos negativos, como a sua velocidade, que é lenta por ter que passar área por área para realizar o levantamento de características.

Brownlee (2019) relata que embora os algoritmos YOLO não sejam tão precisos com os baseados em R-CNN, eles são muito mais rápidos. Isso se dá pois o algoritmo passa apenas uma vez pela imagem para detectar seus objetos. Primeiro o algoritmo separa a imagem em um grid, e a cada célula desse grid encontra-se uma série de *bounding boxes*, onde cada uma será parte de um objeto. Seguidamente, um *confidence score* é atribuído a cada uma para determinar o quão certo o algoritmo está de que a *bounding box* faz parte de um objeto. Outro *score* referente à classe da *bounding box* é atribuído e, então, é realizada uma fusão entre os dois valores. Um *trashholder* é então aplicado sobre este valor para exibir apenas os objetos desejados (BROWNLEE, 2019).

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, Joniel Mendes de; SILVA, Geovania Figueiredo da; SILVA, Luciana Barboza; SANTOS, Gilvan Rodrigues dos; ARAUJO, Johnny Iglesias Mendes. EDUCAÇÃO AMBIENTAL: importância das aulas de campo em ambientes naturais para a disciplina de biologia no ensino médio da escola Joaquim Parente na cidade de Bom Jesus - PI. **Ensino, Saúde e Ambiente**, Bom Jesus, v. 8, n. 2, p. 25-36, set. 2015.
- AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators And Virtual Environments**, Malibu, v. 6, n. 4, p. 355-385, set. 1997.
- AZUMA, Ronald T.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. **Ieee Computer Graphics And Applications**, [S.L.], v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/38.963459>.

- AZUMA, Ronald T. Making Augmented Reality a Reality. **Imaging And Applied Optics 2017 (3D, Aio, Cosi, Is, Math, Pcaop)**, [S.L.], p. 1-3, 2017. OSA. <http://dx.doi.org/10.1364/3d.2017.jtu1f.1>.
- BBC. Brasil tem maior diversidade de árvores do planeta, diz estudo inédito. **G1**, Brasil, 05 abril 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/brasil-tem-maior-diversidade-de-arvores-do-planeta-diz-estudo-inedito.ghml>. Acesso em: 09 out. 2020.
- BROWNLEE, Jason. **A Gentle Introduction to Object Recognition With Deep Learning**. Machine learning mastery, 2020. <https://machinelearningmastery.com/object-recognition-with-deep-learning/>. Acesso em: 31 nov. 2020.
- BORTOLON, Matheus. **PLANTARUM**: uma aplicação Android para consultas de plantas. 2014. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2014.
- CASSANIGA, Arno Wilson. **PLANTARUM**: API para reconhecimento de plantas. 2012. 104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) - Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2012.
- CAMPOS, Carlos Roberto Pires. A saída a campo como estratégia de ensino de ciências. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v.1, n.2, p. 25-30, 2012.
- KIRNER, Claudio et al. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: SBC, 2006.
- KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Realidade Virtual e Aumentada**: Conceitos, Projeto e Aplicações. Petrópolis: SBC, 2007.
- LORENZI, Harri. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352 p.
- LORENZI, Harri. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 3. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009. 384 p.
- MAIA, José G. R. **Deteção e reconhecimento de objetos usando descritores locais**. 2010. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- BACKES, André Ricardo; SÁ JUNIOR, Jarbas Joaci de Mesquita. **Introdução à Visão Computacional Usando Matlab**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2016. 290 p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=en&lr=&id=_tmNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=vis%C3%A3o+computacional+o+que+%C3%A9&ots=UYQGfHf0CS&sig=dkhjo7iTO-eVovN3j37K3Bgee_E&redir_esc=y#v=onepage&q=vis%C3%A3o%20computacional%20o%20que%20%C3%A9&f=false. Acesso em: 07 nov. 2020.
- MARENGONI, Maurício; STRINGHINI, Denise. Tutorial: Introdução à Visão Computacional usando OpenCV. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 125-160, 2009.
- MORAIS, M. B.; PAIVA, M. H. **Ciências – ensinar e aprender**. Belo Horizonte: Dimensão, 2009.
- OLIVEIRA, Guilherme Mello; PRADO, Ely F. GAIA: desenvolvimento de sistema baseado em realidade aumentada para auxiliar a escolha e cultivo de plantas ornamentais em centros de paisagismo. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, Franca, v. 9, n. 1, p. 1-27, jan. 2018.
- PINHO, Diego Martins de. **O Básico da Modelagem 3D com o Blender**. 1. ed. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2019.
- PLANTSAP. **Plant Identifier App, #1 Mobile App for Plant Identification**, 2020. Disponível em: <https://www.plantsnap.com/>. Acesso em: 19 set. 2020.
- PLANTSAP INCORPORATED. **StartEngine**, 2020. Disponível em: <https://www.startengine.com/plantsnap-inc>. Acesso em: 25 set. 2020.
- QUEIROZ, José Eustáquio Rangel de; GOMES, Herman Martins. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 11-42, jan. 2006.
- SCHMALSTIEG, Dieter; HÖLLERER, Tobias. **Augmented Reality**: principles and practice. Boston: Addison-Wesley, 2016. 473 p.
- SOUSA, Cristiane Aureliano de; MEDEIROS, Monalisa Cristina Silva; SILVA, José Adailton Lima; CABRAL, Laíse Nascimento. A aula de campo como instrumento facilitador da aprendizagem em Geografia no Ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 22, p. 1-1, 25 out. 2016. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/16/22/a-aula-de-campo-como-instrumento-facilitador-da-aprendizagem-em-geografia-no-ensino-fundamental>. Acesso em: 08 out. 2020.
- VIVEIRO, Alessandra Aparecida; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Atividades de campo no ensino das ciências e na educação ambiental: refletindo sobre as potencialidades desta estratégia na prática escolar. **Ciência em Tela**, v. 1, n. 2, p. 1-12, jul. 2009.

ZORZAL, Ezequiel Roberto; KIRNER, Claudio. **Jogos Educacionais em Ambiente de Realidade Aumentada**. In: II WORKSHOP SOBRE REALIDADE AUMENTADA, 2005, Piracicaba, 2005. p. 52-55.

ASSINATURAS

(Atenção: todas as folhas devem estar rubricadas)

Assinatura do(a) Aluno(a): _____

Assinatura do(a) Orientador(a): _____

Assinatura do(a) Coorientador(a) (se houver): _____

Observações do orientador em relação a itens não atendidos do pré-projeto (se houver):

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR TCC I

Acadêmico(a): _____

Avaliador(a): _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?			
	O problema está claramente formulado?			
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?			
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?			
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?			
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?			
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?			
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?			
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?			
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?			
ASPECTOS METODOLÓGICOS	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?			
	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?			
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?			
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?			
	9. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?			
	10. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?			
	11. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?			
	As citações obedecem às normas da ABNT?			
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?			

PARECER – PROFESSOR DE TCC I OU COORDENADOR DE TCC (PREENCHER APENAS NO PROJETO):

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: () APROVADO () REPROVADO

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

Assinatura: _____ Data: _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Acadêmico(a): _____

Avaliador(a): _____

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?			
	O problema está claramente formulado?			
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?			
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?			
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?			
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?			
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?			
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?			
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?			
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?			
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?			
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?			
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?			
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?			

PARECER – PROFESSOR AVALIADOR: (PREENCHER APENAS NO PROJETO)

O projeto de TCC ser deverá ser revisado, isto é, necessita de complementação, se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **5 (cinco)** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

PARECER: () APROVADO () REPROVADO

Assinatura: _____ Data: _____

¹ Quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.