

Sistema de irrigação automático para apoiar no uso consciente e sustentável da água

Iago Gabriel Bortoluzzi, Osmar A. de Souza do Amaral, Guilherme Simões de Souza, Pedro A. Oliveira, Iago Henrico P. Fouletto, Daniel D. Alves

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT)
Rua Ananias Martins de Souza, 861 - 78721-520 - Rondonópolis – MT - Brasil

{bortoluzzi.i, osmar.s, g.simoes, o.pedro, i.paiva}@estudante.ifmt.edu.br, daniel.alves@ifmt.edu.br

Abstract. This paper presents the results of a project aimed at designing and developing an automated system to promote the conscious and sustainable use of water as an alternative to traditional methods, which are often inefficient. The proposed solution combines soil moisture sensors and valves controlled by microcontrollers, enabling real-time monitoring through a mobile application. The approach stands out for its accessibility, low cost, and potential positive environmental impact, fostering sustainable practices in both urban and rural environments. The practical application of the project highlights the relevance of leveraging technology to support sustainability and improve quality of life, particularly in the context of family farming in the state of Mato Grosso.

Keywords: Irrigation; Sustainability; Technology.

Resumo. Este artigo apresenta os resultados de um projeto que tem como objetivo conceber e desenvolver um sistema automático para apoiar no uso consciente e sustentável da água como alternativa aos métodos tradicionais, que geralmente são ineficientes. A solução proposta combina sensores de umidade e válvulas controladas por microcontroladores, permitindo o monitoramento em tempo real via aplicativo mobile. A proposta se destaca pela acessibilidade, baixo custo e potencial de impacto ambiental positivo, promovendo práticas sustentáveis em ambientes urbanos e rurais. A aplicação prática do projeto reforça a relevância do uso da tecnologia em favor da sustentabilidade e da qualidade de vida, em especial no contexto da agricultura familiar no estado de Mato Grosso.

Palavras-chave: Irrigação; Sustentabilidade; Tecnologia.

1. Introdução

A crescente escassez de recursos hídricos tem se tornado um dos principais desafios enfrentados em todo o mundo, especialmente em áreas urbanas e agrícolas. Grande parte do desperdício de água está associada a métodos tradicionais de irrigação, que podem ser ineficientes. De acordo com estudos recentes, aproximadamente 60% da água utilizada na irrigação é desperdiçada, o que agrava ainda mais os problemas relacionados à sustentabilidade ambiental e ao consumo consciente (Postel *et al.*, 2009; Nasr e Wahib, 2024) e reforça a necessidade de irrigação mais eficiente (FAO, 2020).

Nesse contexto, o uso de tecnologias digitais surge como uma alternativa para otimizar o uso da água, reduzindo desperdícios e garantindo maior eficiência hídrica. Soluções automatizadas, baseadas em sensores e controle remoto, permitem não apenas monitorar as condições ambientais, como umidade do solo e temperatura, mas também ajustar a irrigação conforme a real necessidade das plantas.

Diante desse cenário, este projeto tem como objetivo desenvolver um sistema automático de irrigação que utiliza sensores, válvulas controladas e um aplicativo móvel para monitoramento e gestão eficiente da água. A proposta visa fornecer uma ferramenta de baixo custo e fácil acesso para produtores rurais, agricultores, jardineiros e usuários urbanos, promovendo o uso consciente da água e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Com isso, espera-se tornar a irrigação mais precisa, prática e acessível, aliando tecnologia e preservação dos recursos naturais.

Além disso, nossa proposta pode contribuir na agricultura familiar no estado de Mato Grosso, em que muitas comunidades utilizam técnicas de cultivo baseadas em práticas tradicionais. Ao propor uma solução acessível, de baixo custo e de fácil implantação, o sistema valoriza e fortalece as pequenas propriedades rurais, promovendo uma integração entre tecnologia e cultura agrícola regional. Com isso, espera-se contribuir na eficiência produtiva e na sustentabilidade hídrica, alinhando inovação à identidade sociocultural do estado mato-grossense.

2. Metodologia

O percurso metodológico desta pesquisa está estruturado em três fases: i) *Revisão de literatura*; ii) *Planejamento, design e desenvolvimento do sistema*; e iii) *Avaliação*. A fase *Revisão de literatura* constituiu-se da compreensão do problema de pesquisa e da proposição de uma solução. A fase *Planejamento, design e desenvolvimento do sistema* constitui-se do planejamento do projeto e da concepção, projeto e desenvolvimento da solução proposta. A fase *Avaliação* busca avaliar a solução proposta com a sua aplicação no contexto real. Acredita-se na geração de conhecimento decorrente da investigação exploratória e da concepção, desenvolvimento e aplicação da solução proposta.

2.1. Fase 1: Revisão de Literatura

Nesta fase, aplicou-se o método de pesquisa bibliográfica por meio de uma revisão de literatura *ad-hoc*. A pesquisa bibliográfica visou identificar estudos e soluções existentes para embasar teoricamente o projeto e identificar lacunas. A partir dessas análises, identificou-se alguns requisitos funcionais, não funcionais e as regras de negócio do sistema. Esta fase também forneceu fundamentação e embasamento conceitual para a solução proposta.

2.2 Fase 2: Planejamento, Design e Desenvolvimento do Sistema

Com base nos dados da Fase 1, foram realizadas atividades para a concepção e desenvolvimento do sistema. Nesta fase, foram utilizadas boas práticas de gestão de projetos, design de interação e engenharia de software para planejar e conceber a solução proposta.

A gestão do projeto foi conduzida com base nas melhores práticas estabelecidas no guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) (PMBOK, 2018), abrangendo processos de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e encerramento, com o apoio de ferramentas como *ProjectLibre* e *Trello*.

Para a concepção e análise da solução proposta, foram utilizadas as melhores práticas, métodos, técnicas e ferramentas de engenharia de requisitos e design de interação de forma integrada, baseado no *Design Sprint* (Knapp, Zeratsky e Kowitz, 2017) e no processo de engenharia de requisitos (Sommerville, 2011).

De forma integrada, foram conduzidas atividades de design de interação e engenharia de requisitos. No design de interação, baseou-se no *Design Sprint*, em que foram realizadas as seguintes atividades: estabelecimento de requisitos, criação de alternativas de design, prototipação e avaliação do design da solução proposta. Na engenharia de requisitos, foram estabelecidas suas principais funcionalidades, utilizando métodos, técnicas e ferramentas da engenharia de requisitos (Sommerville, 2011) e as seguintes atividades foram realizadas: elicitação, análise, especificação e validação de requisitos. Além disso, foram analisados softwares existentes para identificar boas práticas e lacunas a serem preenchidas. Um planejamento necessário antes da implementação, foi definir as funcionalidades essenciais do sistema. Também se fez necessário criar protótipos de baixa e média fidelidades para experimentar e testar a interação do usuário, permitindo assim, realizar testes de usabilidade com potenciais usuários. Essas abordagens possibilitaram o desenvolvimento de uma interface intuitiva e centrada no usuário.

Para a ideação, aplicou-se a técnica de *brainstorming* com os membros da equipe para identificar ideias para funcionalidades e solução do problema relacionado ao projeto. Após isso, criou-se esboços da interface do aplicativo móvel utilizando a técnica *Braindraw*. Baseado nesses esboços, um protótipo interativo foi construído no Figma, permitindo simular a experiência de uso antes de sua implementação.

Para o desenvolvimento do sistema, estão sendo utilizadas tecnologias como HTML, CSS e *JavaScript* na construção do site, além do *React Native* para o desenvolvimento do aplicativo *mobile*.

No desenvolvimento do sistema físico do projeto, está sendo utilizado o microcontrolador Arduino Uno, programado com a linguagem baseada em C/C++, por meio da plataforma Arduino IDE. Essa linguagem, baseada em C++, é amplamente utilizada em projetos de automação por oferecer controle direto sobre os componentes eletrônicos, como sensores e atuadores. A escolha dessa linguagem se deu devido à sua eficiência, simplicidade sintática e compatibilidade com uma vasta gama de bibliotecas específicas para sensores ambientais. A programação foi responsável por definir os intervalos de leitura dos sensores de umidade e temperatura, processar os dados recebidos e acionar, de forma automatizada, as válvulas responsáveis pela irrigação, conforme os parâmetros configurados pelo usuário no aplicativo.

2.3 Fase 3: Avaliação

Nesta fase, o protótipo do sistema foi avaliado por meio de inspeções, testes de usabilidade e testes funcionais, que foram realizados para garantir que todas as funcionalidades estejam operando corretamente.

Criou-se uma maquete do sistema de irrigação, a qual foi submetida a testes com usuários, avaliando o desempenho dos sensores, o consumo de água em comparação aos

métodos tradicionais e a usabilidade do aplicativo. Os resultados serviram de base para ajustes e melhorias no redesign do protótipo.

Durante a Fase 2, os protótipos da solução proposta foram avaliados iterativamente por meio de inspeções e testes de usabilidade, em que usuários realizaram a experimentação do protótipo interativo e forneceram *feedback* do protótipo da solução proposta. Com isso, realizou o teste de ideias sobre a viabilidade, usabilidade e aceitação pelos usuários.

Após a implementação, também serão realizados testes de usabilidade e funcionais para a melhoria contínua, em que serão coletados *feedback* dos usuários para identificar pontos fortes e áreas de melhoria. Além disso, o desempenho do sistema será monitorado e atualizações regulares serão realizadas para corrigir possíveis *bugs* e adicionar novas funcionalidades. Também será mantido um canal de comunicação aberto com os usuários para suporte e sugestões.

Para a condução do teste de usabilidade, considerou-se os aspectos éticos previstos na Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos, procedimentos, riscos e benefícios do estudo, com participação voluntária assegurada. Os dados coletados neste estudo tiveram acesso restrito aos pesquisadores responsáveis. Para garantir transparência, foi disponibilizado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Dessa forma, considerou-se os aspectos éticos em pesquisa neste estudo.

3. Resultados e Discussões

Os resultados parciais do projeto apontam para um sistema funcional de irrigação automatizada, composto por um conjunto físico de sensores e atuadores, e por um protótipo de um aplicativo mobile. Os testes experimentais e as validações com usuários permitiram aferir a eficiência e a usabilidade da solução proposta.

A montagem do protótipo físico foi realizada com recursos acessíveis, utilizando o microcontrolador Arduino Uno, sensores de umidade do solo, sensores de temperatura, módulo relé, bomba de água, *LEDs*, *protoboard* e *jumpers*, conforme ilustrado na Figura 1. O sistema foi programado para acionar automaticamente a irrigação quando a umidade do solo atingisse um nível crítico, previamente configurado pelo usuário. Os testes mostraram que o acionamento das válvulas foi preciso e os dados coletados pelos sensores apresentaram boa consistência.

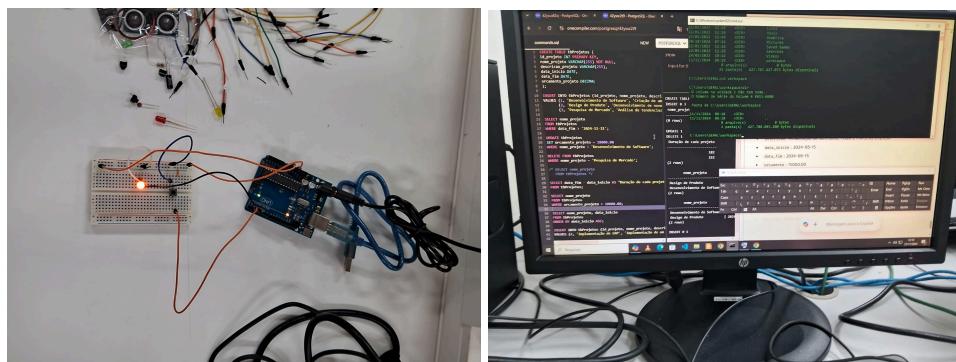


Figura 1. Circuito inicial do sistema montado com Arduino e sensores e codificação.

Paralelamente, foram realizadas atividades de criação de alternativas de design por meio da aplicação das técnicas de *brainstorming* e *braindraw* pelos membros da equipe do projeto, conforme ilustrado na Figura 2. Como resultado, criou-se esboços das principais interfaces do aplicativo móvel, conforme ilustrados na Figura 3.



Figura 2. Equipe do projeto criando esboços do aplicativo móvel. Fonte: O próprio autor



Figura 3. Esboços do aplicativo móvel resultante do Braindraw. Fonte: O próprio autor

A partir da criação das alternativas de design, foi desenvolvido um protótipo interativo do aplicativo na plataforma Figma, com o objetivo de simular a interação real do usuário. O design da interface seguiu os princípios de usabilidade de Nielsen, garantindo clareza, consistência e eficiência. O protótipo contemplou diversas telas, como:

- Tela de *login*: autenticação do usuário via *e-mail* e senha (Figura 4.a);
- Tela principal: exibição dos dados de umidade e temperatura em tempo real, controle manual do sistema e acesso às opções de ambientes (Figura 4. b);
- Tela "Saiba Mais": com informações botânicas úteis para o usuário (Figura 4.c);
- Tela de rendimento: gráficos de desempenho e histórico de uso e consumo de água (Figura 4.d).

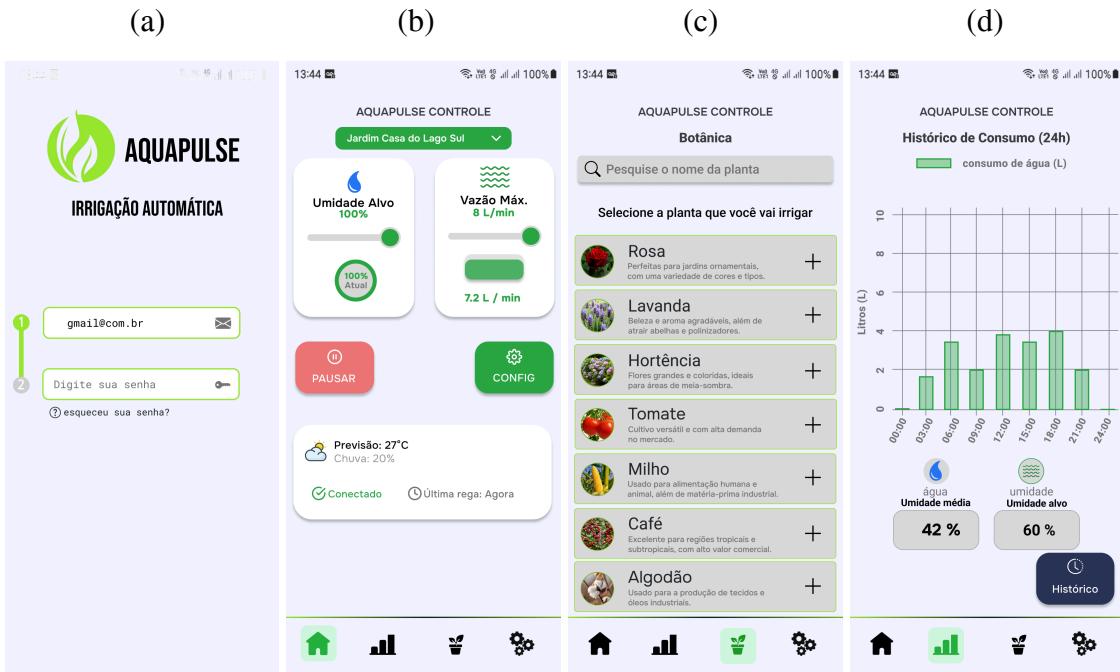


Figura 4. Interfaces do protótipo do aplicativo móvel. Fonte: O próprio autor

O protótipo do aplicativo móvel foi avaliado por 37 potenciais usuários por meio de teste de usabilidade. Durante o teste, os participantes responderam a um questionário online via *Google Forms*. A pesquisa abordou três aspectos: perfil dos usuários, usabilidade do aplicativo e design da interface. Os resultados gerais indicaram boa aceitação do aplicativo quanto à facilidade de navegação, clareza das informações e estética visual. Para complementar a análise, foram elaborados gráficos que apresentam a distribuição das respostas dos participantes, conforme ilustrado nas Figuras 5, 6 e 7.

As Figuras 5 e 6 apresentam os resultados do teste de usabilidade em uma escala de 1 a 5, em que 1 corresponde à menor nota e 5 à nota máxima, sendo que valores mais elevados indicam maior nível de satisfação dos usuários nos critérios avaliados. Já a Figura 7 utiliza uma escala de 1 a 10, também com 1 representando a menor nota e 10 a nota máxima, mantendo o mesmo princípio: quanto maior a pontuação, melhor a avaliação atribuída pelos participantes.

Em relação à facilidade de uso (Figura 5), os resultados indicaram aprovação por parte dos usuários. A maioria dos participantes (89,2%) atribuiu nota máxima (5) à questão “O sistema atendeu às suas expectativas em termos de facilidade de uso?”, enquanto 8,1% atribuíram nota 4 e apenas 2,7% atribuíram nota 1.

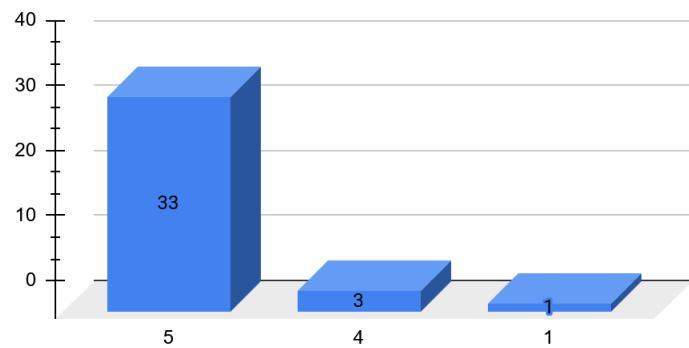


Figura 5. Avaliação da facilidade de uso do protótipo do aplicativo. Fonte: O próprio autor.

De forma semelhante, a questão referente às funcionalidades do sistema (Figura 6) também apresentou resultados positivos. Entre os participantes, 86,5% atribuíram nota 5, 10,8% nota 4 e apenas 2,7% nota 1.

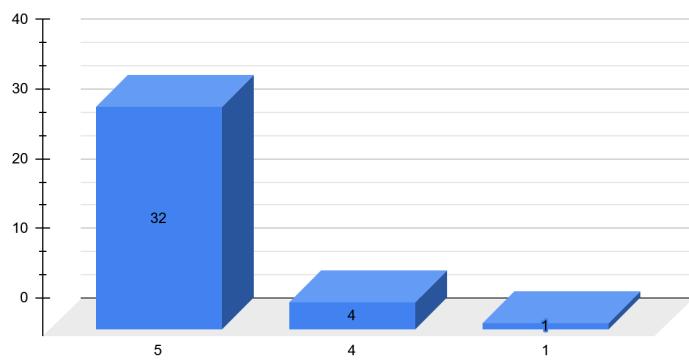


Figura 6. Avaliação das funcionalidades do aplicativo. Fonte: O próprio autor.

Por fim, a avaliação geral do protótipo do aplicativo, que considerou aspectos de usabilidade, design e experiência do usuário (Figura 7), foi realizada em uma escala de 1 a 10. Nessa questão, 62,2% dos participantes atribuíram nota 10, 29,7% nota 9, 5,4% nota 8 e 2,7% nota 7. Esses resultados reforçam a excelente percepção geral dos participantes do teste de usabilidade em relação ao protótipo do aplicativo, indicando alto grau de aceitação e satisfação.

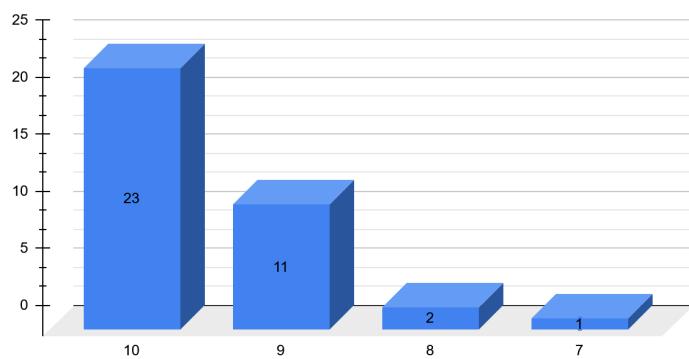


Figura 7. Avaliação geral do aplicativo quanto à usabilidade e design. Fonte: O próprio autor.

De modo geral, os resultados demonstram que o protótipo do aplicativo apresentou bom desempenho em todos os aspectos avaliados, especialmente quanto à facilidade de navegação, clareza das informações e estética visual.

Enquanto sistemas comerciais geralmente possuem alto custo e exigem infraestrutura técnica, o protótipo apresentado propõe uma abordagem simplificada e de baixo custo, voltada para produtores rurais, agricultores e usuários domésticos.

Durante o desenvolvimento deste projeto, enfrentou-se dificuldades como limitações de recursos físicos e financeiros e a complexidade na integração entre *hardware* e o aplicativo. Ainda assim, a equipe superou os obstáculos por meio de pesquisa, testes iterativos e colaboração interdisciplinar, resultando em um produto promissor com potencial de expansão e melhorias futuras.

4. Conclusão

A partir do desenvolvimento e validação do protótipo, conclui-se que o projeto atinge de forma satisfatória e parcial o objetivo proposto: oferecer uma solução tecnológica, automatizada e acessível para promover o uso consciente e sustentável da água em sistemas de irrigação. O sistema mostrou-se eficaz na coleta de dados ambientais em tempo real e no controle automatizado da irrigação, reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência hídrica, especialmente em jardins, estufas e pequenos cultivos.

O protótipo físico operou corretamente em ambiente controlado, e a interface do aplicativo, desenvolvida no Figma, apresentou boa aceitação por parte dos usuários avaliadores, demonstrando clareza, usabilidade e relevância das funcionalidades.

Além dos benefícios ambientais, o projeto também pode contribuir com práticas culturais e produtivas da agricultura familiar mato-grossense, reconhecendo a importância das pequenas propriedades no manejo da água. Ao aliar inovação tecnológica com respeito às realidades locais, o projeto contribui para o fortalecimento da identidade sociocultural regional e promove o desenvolvimento sustentável com inclusão.

Como perspectivas de continuidade, o projeto prevê a implementação do aplicativo mobile com integração em tempo real ao hardware, a construção de um banco de dados completo para registro histórico das medições e o uso de inteligência artificial para identificação de espécies vegetais. Além disso, espera-se realizar testes em campo por períodos prolongados para avaliar a robustez do sistema em diferentes condições ambientais.

Sugere-se, para futuras versões, a expansão da plataforma para dispositivos *IoT* com conectividade *Wi-Fi*, visando maior autonomia e escalabilidade. O projeto representa um passo concreto na direção de práticas agrícolas e urbanas mais sustentáveis, aliando tecnologia, acessibilidade e responsabilidade ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos servidores do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) - Campus Rondonópolis e, em especial, ao Núcleo de Análise e Desenvolvimento de

Sistemas (NADESI) e ao InspiraLab Maker do IFMT – Campus Rondonópolis, pelo apoio, incentivo e colaboração fundamentais para a realização deste estudo. Reconhecemos com gratidão o apoio financeiro da Assistência Estudantil e Inclusão do IFMT - Campus Rondonópolis.

Referências

- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Overcoming water scarcity with sustainable irrigation.** FAO Agricultural Development Economics Policy Brief, n. 32. Rome: FAO, 2020. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb2226en>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- KNAPP, Jake; ZERATSKY, John; KOWITZ, Braden. **Sprint:** o método usado no Google para testar e aplicar novas ideias em apenas cinco dias. Editora Intrínseca, 2017.
- NASR, M. M.; WAHIB, H. A. **Irrigation Performance Indicators to Measure Wasted Irrigation Water and Their Effect on Water Sustainability: Methodology.** In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2024.
- PMBOK. **A guide to the project management body of knowledge.** Project Management Institute. Pensylvania, v. 21, 2018.
- POSTEL, S. L.; POLAK, P.; GONZALES, F.; KELLER, J. Drip irrigation for small farmers: A new initiative to alleviate hunger and poverty. *Water International*, v. 26, p. 3-13, 2009.
- SOMMERRVILLE, I. **Engenharia de Software.** 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011.