

# Um método para desenvolvimento de sistemas de monitoramento de plantações e de colaboração entre usuários no contexto da agricultura 4.0

Diogo C. T. Batista<sup>1</sup>, Cléber G. Corrêa<sup>2</sup>, Letícia M. Peres<sup>1</sup>, Roberto Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
Curitiba – Paraná – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)  
Cornélio Procópio – Paraná – Brasil

diogo@diogocezar.com, clebergimenez@utfpr.edu.br, {lmperes, rpereira}@inf.ufpr.br

**Resumo.** *A agricultura 4.0 explora a utilização das mais recentes tecnologias computacionais, envolvendo a agricultura e pecuária de precisão, bem como a agricultura digital, que empregam a automação, a robótica agrícola, big data, a Internet das Coisas, entre outras. A utilização dessas tecnologias busca uma produção agrícola eficiente e sustentável, possibilitando a tomada de decisão. Por exemplo, o monitoramento da umidade e da fertilidade do solo para a economia de água na irrigação e no uso de insumos na adubagem dos solos. Entretanto, o acesso aos recursos necessários, como sensores, para a exploração dessas tecnologias não é a realidade de grande parte do setor agrícola. Adicionalmente, a resistência na adoção de novas tecnologias é um problema ainda em aberto. Este trabalho busca a criação de um método de Engenharia de Software, podendo incluir ferramentas, para o desenvolvimento de sistemas de monitoramento de plantações, que permitam a colaboração entre usuários para apoiar o processo de tomada de decisão.*

**Palavras-chave:** *agricultura 4.0; Engenharia de Software; monitoramento agrícola; sistemas colaborativos; sistemas de apoio a decisão.*

## 1. Introdução

São grandes os desafios relacionados à utilização de tecnologias digitais como ferramentas de apoio ao trabalho humano de forma eficiente, eficaz e justa (Rose and Chilvers 2018). Para isso, a humanidade apoia-se nas descobertas que proporcionam resultados relevantes, alcançados por meio da exploração de métodos, técnicas e ferramentas.

Muito tem se falado sobre a Quarta Revolução Industrial, que surge em 2011 na Alemanha, com a proposta de oferecer para a indústria o que há de mais moderno em automação e sistemas inteligentes, possibilitando uma série de melhorias como a redução dos custos, a economia de energia e o aumento da segurança. Essas e outras melhorias têm sido exploradas por meio da utilização de ferramentas e tecnologias computacionais, tais como *big data*, *analytics*, serviços de nuvem, impressões 3D, segurança cibernética, robôs autônomos, internet das coisas, sensores sem fio, realidade aumentada, simulações, integração horizontal e integração vertical (Souza and Sotsek 2017).

Além da indústria, outro setor que evoluiu muito ao longo dos anos foi a agricultura. Esta foi fundamental para alavancar o desenvolvimento das civilizações ao longo da história, possibilitando que comunidades nômades se estabilizassem em determinadas regiões, explorando técnicas agrícolas para a produção de seu sustento. Entretanto, o cenário atual é bem diferente dos enfrentados pelas primeiras civilizações, o crescimento populacional gera um grande desafio para o setor agrícola, que precisa se posicionar eficientemente para atender essas demandas de forma sustentável. Dessa forma, métodos tradicionais de trabalho na agricultura, como por exemplo: plantio, fertilização ou colheita, têm sido adotadas, em conjunto com novas tecnologias, incluindo: a automação, a robótica, *big data* e Internet das Coisas (Ribeiro et al. 2018).

A utilização de componentes tecnológicos não é uma novidade na agricultura, a exploração, por exemplo, de tecnologias como o *Global Positioning System* (GPS), estão presentes há algum tempo na linha de produção agrícola, conhecida como agricultura de precisão. A agricultura 4.0 expande as possibilidades de explorações tecnológicas, com a utilização por exemplo de: sensores; que possibilitam a coleta automática de dados sobre o solo e clima; Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs ou *drones*) ou satélites, que podem apresentar recursos de imagem cada vez mais avançados; *smartphones*, que proporcionam uma interface de entrada e saída de dados rápida, acessível e conhecida por usuários de dispositivos eletrônicos (Shepherd et al. 2018).

Essas tecnologias permitem o monitoramento das plantações para apoiar a tomada de decisão, levando a uma produção eficiente, inteligente e sustentável. Entretanto, essa transição não é uma tarefa trivial. Segundo Rose and Chilvers 2018, a utilização destas ferramentas tecnológicas devem mudar a forma como os agricultores interagem com suas plantações, com isso, cada vez menos os trabalhadores precisarão atuar em atividades manuais, mudando a forma de como sempre interagiram com seu ofício. E isso pode dificultar a adesão a novas tecnologias. A utilização das técnicas relacionadas a agricultura de precisão demonstraram certa resistência por parte dos agricultores (Rose and Chilvers 2018).

Adicionalmente, no cenário atual, não são todos os agricultores que podem destinar parte do seu faturamento para a aquisição de equipamentos (quantidade e qualidade), como sensores, que facilitariam a coleta de dados e o monitoramento da plantação. E existe também uma variável de grande importância que deve ser inserida na equação da agricultura 4.0, a experiência do agricultor ou usuário com a sua propriedade e a sua área de atuação, possibilitando a colaboração entre usuários para a divisão de tarefas e controle de um sistema computacional complexo. Segundo Rose and Chilvers 2018 aproximar o usuário final do processo do desenvolvimento de sistemas para a agricultura 4.0, pode ser uma estratégia eficiente para a adoção de novas tecnologias.

Finalmente, a Engenharia de Software estuda métodos, técnicas e ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de sistemas computacionais. Dessa forma, o presente trabalho consiste na criação de um método para o desenvolvimento de sistemas computacionais no contexto da agricultura 4.0, que permita a colaboração entre os usuários e o monitoramento da plantação para a tomada de decisão.

## 2. Revisão da literatura

Segundo Sprague and Watson 1991: “Um sistema de apoio à decisão (SAD) é um sistema de informação que apoia qualquer processo de tomada de decisão em áreas de planejamento estratégico, controle gerencial e controle operacional”. Na definição de Lucas 1990: “SAD é um sistema baseado em computador que auxilia o processo de tomada de decisão utilizando dados e modelos para resolver problemas não estruturados”. Os SAD são sistemas que auxiliam no processo de tomada de decisão, não somente **fornecendo** informações para o apoio à decisão, mas, também, **analisando** alternativas e propondo soluções; podendo ainda usar o histórico de tomada de **decisões** para simular situações e inferir resultados mais refinados. Este processo de tomada de **decisão** envolve a interação constante do usuário com um ambiente de apoio à decisão, criado para orientar as decisões a serem tomadas. Como características destes sistemas, pode-se destacar: possibilidade de desenvolvimento rápido; facilidade em acoplar novas ferramentas de apoio a decisão; flexibilidade na manipulação das informações (Jr. and Grudnitski 1989); individualização e orientação para o usuário que toma as decisões (com flexibilidade de adaptação ao estilo pessoal) (Mittra 1986); usabilidade, permitindo que o usuário entenda, use e modifique de forma fácil e interativa (Awad 1988).

Segundo Ritter 2014 designers e desenvolvedores frequentemente cometem erros, assumindo que conhecem a forma de como uma tecnologia será utilizada pelo usuário do sistema. E baseiam-se em um segundo erro, imaginando que todos usuários são iguais. Obviamente, usuários tem percepções e necessidades próprias, e por isso é importante compreender e analisar os usuários. Argumenta-se ainda que, investindo nessa etapa de entendimento do usuário, consegue-se benefícios como: produtos com maior índice de usabilidade; economia financeira; sistemas mais seguros. Mas para isso, existem alguns custos no processo, como por exemplo: compreender o usuário, por si, não garante o sucesso do produto e entender quando parar de analisar o usuário pode ser difícil.

Segundo Ellis et al. 1991 os sistemas colaborativos (*groupware*) oferecem uma interface compartilhada entre dois ou mais usuários, para a realização de uma tarefa em comum. Um de seus objetivos é auxiliar na cooperação, comunicação e na coordenação das atividades a serem realizadas nos sistemas computacionais. Roth 2002 argumenta que aplicações colaborativas permitem que pessoas distribuídas geograficamente possam realizar uma tarefa de forma colaborativa, sem que exista um atraso significativo na comunicação. Como principais características dos sistemas colaborativos, destaca-se:

- Percepção: busca fornecer a constante notificação sobre as possíveis modificações realizadas pelos usuários; isso torna as interações consistentes.
- Cooperação: segundo (Fuks et al. 2003) “cooperação é a operação conjunta dos membros do grupo no espaço compartilhado visando a realização das tarefas gerenciadas pela coordenação”;
- Coordenação: é necessária para a que as tarefas sejam realizadas com sucesso. Ellis et al. 1991 destaca algumas formas de manter o sistemas coordenado: permitir a **visualização** das suas ações, assim como as ações de outros participantes; gerar avisos e alertas automáticos, entre **outros**. Sem a coordenação o sistema pode ficar **suscetível** ao conflito de **atividades** ou da realização de ações repetidas;
- Comunicação: consiste na troca de mensagem entre os usuários do sistema. segundo (Fuks et al. 2003) a comunicação: “dá suporte às interações entre os parti-

participantes, podendo gerenciar as transições de estados, os eventos de diálogo e os compromissos de cada participante”

### 3. Trabalhos Relacionados

O trabalho de Zhai et al. 2020 apresenta como desafios para os sistemas de apoio a decisão agrícola: a simplificação de interfaces gráficas dos usuários e utilização de conhecimento dos especialistas do domínio do sistema. Além disso, são abordadas alternativas às entradas de dados comuns, como por exemplo: a utilização do reconhecimento de voz ou a utilização gestos. Outro ponto importante está relacionado ao processo de extração das informações da fonte de dados. Modelos tridimensionais, análise de imagens ou vídeos, e imagens interativas podem ser pontos ainda a serem explorados. Para completar, a colaboração entre usuários também é pouco explorada.

Gutiérrez et al. 2019 demonstram por meio da comparação de trabalhos, que a utilização de diversas fontes de informações de entradas é um ponto desejável para a automatização e autonomia na agricultura 4.0. As principais comparações estão relacionadas às formas de visualização de dados processados nesse contexto. As entradas dos usuários são tratadas de forma superficial, bem como a colaboração entre esses usuários. Os autores  **mencionam a preocupação na inserção de** diversas dimensões em uma mesma fonte de dados, e que o processo de obtenção de dados refinados pode aprimorar os resultados obtidos.

Nos trabalhos de Walling and Vaneekhaute 2020 e Lundström and Lindblom 2018 é mostrada a importância da participação do usuário no processo de obtenção de dados em sistemas relacionados a agricultura 4.0. Profissionais com a experiência de seu domínio, são capazes de enriquecer toda a cadeia com a inferência de seu conhecimento nos sistemas de apoio a decisão. Com esses estudos fica claro que a participação multidisciplinar em toda a cadeia dos sistemas de apoio a decisão podem fazer uma diferença expressiva nos resultados.

No trabalho de Falloon et al. 2018 argumenta-se a importância de previsões climáticas sazonais para apoiar as decisões agrícolas de curto prazo, e planos de adaptação climática de longo prazo. Foi desenvolvida uma ferramenta de gerenciamento de terras (LMTTool), um protótipo de serviço climático sazonal para gestores fundiários. Esta ferramenta fornece previsões de (1 a 3 meses à frente) para agricultores no sudoeste do Reino Unido, além de previsões meteorológicas específicas de 14 dias durante os meses de inverno, quando a habilidade das previsões sazonais é maior. Descreve-se ainda, os processos de desenvolvimento do sistema em conjunto com os agricultores.

No trabalho de Devitt et al. 2017 é descrito um aplicativo móvel para o apoio a tomada de decisões com relação ao manejo de plantas daninhas. A ferramenta interativa auxilia os produtores de algodão na exploração do impacto causado por uma praga, além de traçar sugestões de estratégias individuais. A pesquisa aborda o desafio de envolver as partes interessadas na tomada de decisão de três maneiras: 1) reconhecendo as prioridades cognitivas individuais; 2) visualizando o manejo científico de plantas daninhas com uma interface móvel atraente e 3) representando incertezas na decisão e o risco ponderado em relação às prioridades cognitivas.

O trabalho de Luvisi et al. 2011 utiliza um método para combinar dados armazenados em um sistema de RFID (*Radio-Frequency IDentification*), implantado dentro de

plantas de videira e um GPS. O *software* GIS foi usado para registrar coordenadas geográficas dos pontos detectados e para alimentar um banco de dados específico no qual as informações úteis para a fase de posicionamento sejam armazenadas. O produto final é um mapa digital acessível por dispositivos móveis ou uma aplicação *desktop* que representa o “vinhedo virtual”. Nessa representação digital, cada planta de videira marcada por RFID pode ser selecionada, visualizada e editada.

No trabalho de Mudisshu et al. 2016 argumenta-se sobre a diminuição da produção agrícola ano a ano no Japão, causada pela liberação das importações de produtos agrícolas. O projeto tem o objetivo de reduzir os custos nas aquisições de dados meteorológicos, com o desenvolvimento de um aplicativo para *smartphone* para a visualização de dados.

No trabalho de Tan et al. 2012 argumenta-se que os operadores de campo, podem coletar dados volumosos que fornecem em tempo real dados que representam as condições do campo em determinado momento. Destaca-se ainda, que é um grande desafio analisar todos esses dados de forma eficiente e utilizá-los para melhorar as decisões agrícolas. A proposta é um *software* para análise e visualização de dados com precisão, que conta com três características distintas: 1) um meta-modelo de componente de importação, capaz de importar dados em vários formatos a partir de uma variedade de dispositivos em diferentes configurações; 2) um processamento de dados orientado por fluxos de trabalho, no qual um usuário pode definir seus fluxos de trabalho e adicionar processamento de dados definido de forma personalizada para uma aplicação específica; 3) uma arquitetura seguindo um modelo cliente-servidor que com suporte a uma variedade de dispositivos clientes, incluindo dispositivos móveis.

Por fim, no trabalho de Zheng and Altamimi 2017 destaca-se a demanda por aplicativos móveis como ferramentas de apresentação de dados. O trabalho busca projetar e desenvolver estratégias para uma apresentação mais amigável dos dados para seus usuários.

Nos trabalhos, a exploração de métodos, técnicas e ferramentas da engenharia de software na agricultura 4.0 é superficial, especificamente para alguns tipos de informação. A participação dos usuários no desenvolvimento, a implementação de interfaces humano-computador para entrada e saída de informações, e a necessidade de diversos dispositivos para monitoramento de diferentes características das plantações, são pontos mencionados.

#### 4. Justificativa

No cenário agrícola, são vários os papéis dos profissionais que compõem toda a cadeia de produção. A obtenção dos dados utilizados nos sistemas computacionais de apoio à agricultura deve levar em consideração a diversidade de usuários, como agricultores, técnicos agrícolas, engenheiros agrônomos, entre outros. As experiências desses múltiplos profissionais poderiam ser utilizadas em sistemas computacionais para auxiliar na tomada de decisão. Por exemplo, para uma nova praga identificada em uma folha de soja, o **agricultor** poderia inserir as informações relacionadas as suas experiências, como por exemplo, se já houve algum inseto com indícios semelhantes aos encontrados, a quanto tempo, por quanto tempo, e como foi resolvido. Enquanto isso o **engenheiro agrônomo** poderia inserir para esta mesma entrada informações extraídas de sua experiência em outras fazendas, **colaborando** para solucionar o problema de identificação dessa praga. Dessa

forma consegue-se extrair diversas **dimensões** a partir de uma única entrada de dados (Walling and Vaneeckhaute 2020).

Outro ponto importante é a adesão à novas tecnologias. Segundo uma pesquisa divulgada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV-SP), o Brasil tem hoje dois dispositivos digitais por habitante, incluindo *smartphones*, computadores, *notebooks* e *tablets* (Fundação Getúlio Vargas (FGV) 2020). Nesse sentido, o país teria aproximadamente 420 milhões de aparelhos digitais ativos. Dessa forma, fica bastante claro que estes dispositivos já fazem parte do dia a dia de muitas pessoas, inclusive dos que fazem parte de toda a cadeia agrícola, sejam agricultores de pequeno e médio portes.

A utilização de *smartphones* configura uma solução acessível. Rose and Chilvers 2018 argumentam que é necessário ampliar as noções de “inclusão” de forma responsável, para atender às diversas maneiras de como os agricultores devem interagir com as fazendas inteligentes. Estes dispositivos já fazem parte da rotina de trabalho do público alvo, não sendo necessários outros investimentos ou aquisições, e ainda assim, possibilitando a inclusão desse público em novas ferramentas criadas para a agricultura 4.0.

No cenário proposto pela agricultura 4.0, grande parte dos trabalhos evidenciam que as informações que alimentam os sistemas, podem ser obtidas de forma automatizada, principalmente por meio de sensores. Entretanto, nem sempre essa é uma realidade aplicável a todos, pelo alto custo (aquisição e manutenção) e difícil aderência.

Além disso, presente projeto visa contribuir com determinados *objetivos de desenvolvimento sustentável*, descritos pela Organização das Nações Unidas (Organização das Nações Unidas 2020). No documento da organização, são descritos 17 objetivos que buscam concretizar os direitos humanos e promover a igualdade. Para isso, tais objetivos e metas foram definidos com o intuito de estimular ações para os próximos 15 anos, em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta. Dentre os objetivos, dois deles têm relação direta com este trabalho:

- *Objetivo 2: fome zero e agricultura sustentável* - Aumentar a eficiência da produção agrícola é consequência direta da proposta deste trabalho;
- *Objetivo 12: consumo e produções sustentáveis* - Neste quesito, o trabalho contribui com a proposta de uma solução eficiente, acessível (utilizando um *smartphone* como equipamento, por exemplo) e sem a necessidade da aquisição de novos equipamentos para integrações tecnológicas.

## 5. Objetivos

### 5.1. Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho consiste na criação de um método para o desenvolvimento de sistemas computacionais no contexto da agricultura 4.0, que permita a colaboração entre os usuários e o monitoramento da plantação, para apoiar a tomada de decisão.

### 5.2. Objetivos específicos

- Pesquisar sistemas de apoio à tomada de decisão e colaborativos, em especial os direcionados para agricultura 4.0, analisando seus pontos positivos e negativos;
- Pesquisar métodos e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas desse tipo;

- Criar um método para o desenvolvimento de sistemas desse tipo, podendo incluir a criação ou seleção de ferramentas;
- Validar o método em determinados cenários para levantar benefícios e limitações.

## 6. Problema a ser Investigado

O problema a ser investigado é como (método) desenvolver sistemas computacionais de monitoramento e de colaboração entre usuários no contexto da agricultura 4.0 para a tomada de decisão. Aparentemente é inviável para a maioria dos produtores rurais, especialmente os pequenos e médios agricultores, adotar um sistema completo para a agricultura 4.0 em um primeiro momento (Rose and Chilvers 2018), devido as limitações tecnológicas (conexão com a Internet), altos custos de aquisição e manutenção de equipamentos (drones e sensores), dificuldades no uso de interfaces humano-computador pelos usuários.

No âmbito agrícola, é bastante comum grandes áreas de plantio. Mapear completamente uma área com dispositivos automatizados poderia gerar um custo muito grande para os agricultores, principalmente com a necessidade de manutenção dos equipamentos que captam as informações dos campos, bem como o consumo de energia elétrica por estes dispositivos.

Dessa forma, a Engenharia de Software pode fornecer métodos e ferramentas para o desenvolvimento gradual e adaptativo de sistemas computacionais de monitoramento e colaboração na agricultura 4.0 para **apoiar** a tomada de decisão. Gradual porque pode ser por etapas, conforme a cobertura de internet avança para regiões afastadas na área agrícola, conforme sensores ou outros equipamentos são adquiridos, conforme os usuários aprendem a trabalhar com sistemas computacionais. Adaptativo porque equipamentos que não podem ser adquiridos em uma determinada etapa podem ser substituídos por dispositivos disponíveis, como os *smartphones*, que possuem recursos, tais como interface gráfica para inserção de informações, câmera, conexão com a Internet.

A utilização de recursos automatizados, como drones ou sensores, tendem a facilitar muito o processo de obtenção de dados em uma fazenda que aplica técnicas da agricultura 4.0. Tratando de cenários nos quais essa já seja uma realidade, estes recursos automatizados normalmente apenas armazenam uma representação da realidade obtida em algum instante. Por exemplo, um sensor de umidade, poderia registrar os índices de umidade do solo a cada hora. Ou ainda, um drone, poderia fotografar uma área com baixa produtividade. Estes dados não levam em consideração alguns aspectos que poderiam ser enriquecidos com a arguição de um especialista, por exemplo um agrônomo. A inclusão de novas dimensões na coleta de dados, unindo por exemplo, a obtenção automática da umidade do solo com informações e experiências de agrônomos especialistas, poderiam, por exemplo, informar que apesar de uma leitura de umidade ter ficado fora da expectativa, isso foi advento de uma anormalidade, por ele observada. Como há mais de um especialista em uma mesma tarefa, regras de colaboração devem ser especificadas.

Para os cenários nos quais se utiliza a captação automática dos dados, grande parte das abordagens vistas em (Massruhá and de Andrade Leite 2017) fazem essa captura de forma contínua e interruptamente, propondo abordagens que tratem grandes volumes de dados.



A experiência do usuário com um dispositivo computacional pode influenciar diretamente na adoção de novas tecnologias ou sistemas. É bastante comum a resistência por parte de novos usuários na adoção de sistemas com que ainda não tiveram contato. Desse modo, são relevantes descobertas relacionadas ao entendimento do perfil do público alvo, representando os usuários e suas peculiaridades para criar interfaces que possam ser objetivas, claras, atrativas e principalmente funcionais. Outro desafio a ser explorado é a interação multidimensional da entrada e análise de dados, que propõe-se ser refinada, simultaneamente, por diversos colaboradores e que resultem em uma única fonte de dados, possibilitando a inferência de apoio a decisão extraídas de dados refinados e alinhados com as realidades do cenário agrícola apontado por parte da cadeia que já atua na produção agrícola.

Em adição ao método, ferramentas podem ser utilizadas, permitindo definir e visualizar a arquitetura de camadas, com os tipos de informação (umidade do solo, fertilidade do solo, temperatura do ambiente, chuvas, pragas, ervas daninhas, doenças, folha da planta, altura da planta, densidade da vegetação), o número e a disposição dos sensores e outros equipamentos em cada camada, as relações entre sensores e as camadas, os sensores virtuais (substituídos).

## 7. Metodologia

Os métodos para a realização da pesquisa incluem:

1. Método para revisão da literatura e análise crítica sobre sistemas de monitoramento e colaborativos para a área agrícola, buscando explorar os pontos positivos e negativos dos trabalhos estudados;
2. **Método para definição dos perfis de usuários**, em caso de necessidade. Nesse ponto, destaca-se a importância do trabalho entre a UTFPR e a Embrapa <sup>1</sup>;
3. Planejamento, organização e execução de experimentos envolvendo usuários, em caso de necessidade. Estudo da utilização de questionários para coletar opiniões referentes as percepções sobre a utilização do sistema **e atividades de colaboração**. Outras abordagens para obtenção de resultados podem ser empregadas como:
  - Testes A/B;
  - Análise de Abandono;
  - Avaliação do Aplicativo na Loja;
  - Análise de Usuários Ativos do Aplicativo.
4. Análise de resultados utilizando testes estatísticos para verificar a significância das diferenças entre grupos amostrais comparados (Friedman, ANOVA – Análise da Variância, t-test, Wilcoxon, Mann-Whitney etc), **podendo englobar dados de testes com usuários e obtidos por meio de sensores**; e estatística descritiva (principalmente gráficos). Os testes estatísticos dependem das características dos dados (normalidade da distribuição, homogeneidade das variâncias, independência e aleatoriedade na coleta etc) e oferecem intervalos de confiança para a análise.

---

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, situada em Londrina, trabalha principalmente com a produção da soja. A Embrapa é uma empresa pública de pesquisa vinculada ao ministério da agricultura, pecuária e abastecimento do Brasil. O seu principal objetivo é a viabilização de soluções provenientes de pesquisas, além do desenvolvimento para a sustentabilidade da agricultura em benefício da sociedade brasileira.



## 8. Atividades

O plano de trabalho é composto pelas seguintes atividades principais, dispostas no cronograma apresentado na Tabela 1, separadas por quadrimestres de cada ano:

1. Obtenção de créditos, cursando disciplinas;
2. Estudo de métodos para mapeamento ou revisão sistemática, permitindo o levantamento de trabalhos na literatura;
3. Estudo do estado da arte, considerando métodos e ferramentas de Engenharia de Software para projetar, implementar e avaliar sistemas computacionais colaborativos e de monitoramento voltados para a agricultura 4.0;
4. Especificação de cenários para o projeto, implementação e avaliação de sistemas de monitoramento da plantação e de colaboração entre usuários no âmbito da agricultura 4.0;
5. Exame de proficiência de língua estrangeira;
6. Criação de uma proposta inicial conceitual para o desenvolvimento de protótipos de sistemas computacionais colaborativos e de monitoramento com foco na agricultura 4.0. Especificação do método para o desenvolvimento, detalhando as tarefas necessárias, e podendo incluir a criação ou a seleção de ferramenta para apoiar as tarefas;
7. Especificação e implementação de protótipos para validação, com a aplicação do método criado, podendo incluir o uso de ferramentas;
8. Avaliação da aplicação do método. Testes envolvendo usuários podem ser necessários, especialmente para a avaliação do sistema computacional;
9. Redação de artigos científicos a serem submetidos aos principais eventos e periódicos da área de interesse;
10. Redação da tese e defesa.

## 9. Resultados Esperados

Pretende-se criar um método para o desenvolvimento de sistemas computacionais no contexto da agricultura 4.0, que permita a colaboração entre os usuários e o monitoramento da plantação para a tomada de decisão.

Espera-se, por fim, a submissão de artigos para conferências e periódicos científicos da área de Ciência da Computação para publicação, como o *ACM Computing Surveys*, *Computer Graphics and Applications*, *Journal on Interactive Systems*, *Computers and Electronics in Agriculture*, *Symposium on Applied Computing*, Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software.

## 10. Cronograma

As atividades e os períodos serão ajustados conforme o cronograma do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFPR.

## Referências

Awad, E. (1988). *Management Information System*. Benjamin-Cummings Publishing Company.

AT	Ano 1			Ano 2			Ano 3			Ano 4		
	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
1	•	•	•									
2	•	•										
3		•	•	•								
4				•	•							
5					•							
6					•	•	•					
7						•	•	•				
8								•	•	•		
9									•	•	•	•
10											•	•

**Tabela 1. Cronograma de Execução das Atividades**

Devitt, S., Perez, T., Polson, D., Pearce, T., Quagliata, R., Taylor, W., Thornby, D., and Beekhuyzen, J. (2017). A cognitive decision tool to optimise integrated weed management. In Nelson, W., editor, *Proceedings of the 7th Asian-Australasian Conference on Precision Agriculture*, pages 1–8. Precision Agriculture Association of New Zealand (PAANZ), New Zealand.

Ellis, C., Simon, J., and Rein, G. (1991). Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1):39–58.

Falloon, P., Soares, M. B., Manzananas, R., San-Martin, D., Liggins, F., Taylor, I., Kahana, R., Wilding, J., Jones, C., Comer, R., de Vreede, E., Som de Cerff, W., Buontempo, C., Brookshaw, A., Stanley, S., Middleham, R., Pittams, D., Lawrence, E., Bate, E., Peter, H., Uzell, K., and Richards, M. (2018). The land management tool: Developing a climate service in southwest uk. *Climate Services*, 9:86 – 100. Climate services in practice: what we learnt from EUPORIAS.

Fuks, H., Raposo, A., and Gerosa, M. A. (2003). Do modelo de colaboração 3c à engenharia de groupware.

Fundação Getúlio Vargas (FGV) (2020). Pesquisa anual do uso de TI. <https://eaesp.fgv.br/ensinoeconhecimento/centros/cia/pesquisa>. Acessado em: 20 mai. 2020.

Gutiérrez, F., Htun, N. N., Schlenz, F., Kasimati, A., and Verbert, K. (2019). A review of visualisations in agricultural decision support systems: An HCI perspective. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163:104844.

Jr., J. G. B. and Grudnitski, G. (1989). *Information Systems: Theory and Practice* (Wiley Series in Computing and Information Processing). Wiley.

Lucas, H. C. (1990). *Information Systems Concepts for Management*. McGraw-Hill Education (ISE Editions).

Lundström, C. and Lindblom, J. (2018). Considering farmers' situated knowledge of using agricultural decision support systems (AgriDSS) to foster farming practices: The case of CropSAT. *Agricultural Systems*, 159:9 – 20.

- Luvisi, A., Pagano, M., Bandinelli, R., Rinaldelli, E., Gini, B., Scartòn, M., Manzoni, G., and Triolo, E. (2011). Virtual vineyard for grapevine management purposes: A rfid/gps application. *Computers and Electronics in Agriculture*, 75(2):368 – 371.
- Massruhá, S. M. F. S. and de Andrade Leite, M. A. (2017). Agro 4.0 - rumo à agricultura digital. In *Embrapa Informática Agropecuária*, pages 28–35.
- Mittra, S. (1986). *Decision Support Systems: Tools and Techniques*. Wiley.
- Mudisshu, A., Murase, T., and Otsuka, S. (2016). Meteorological data visualization application for mandarin farmers support. In *2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, pages 900–903.
- Organização das Nações Unidas (2020). 17 objetivos para transformar o nosso mundo. <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acessado em: 29 mai. 2020.
- Ribeiro, J. G., Marinho, D. Y., and Espinosa, J. W. M. (2018). Agricultura 4.0: Desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. *Simpósio de Engenharia de Produção*.
- Ritter, F. E. (2014). *Foundations for Designing User-Centered Systems: What System Designers Need to Know about People*. Benjamin-Cummings Publishing Company.
- Rose, D. C. and Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2:87.
- Roth, J. (2002). Seven challenges for developers of mobile groupware. *Workshop Mobile Ad Hoc Collaboration*.
- Shepherd, M., Turner, J. A., Small, B., and Wheeler, D. (2018). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the ‘digital agriculture’ revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Souza, L. A. M. and Sotsek, N. C. (2017). Indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura nacional. In *XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Sprague, R. and Watson, H. (1991). *Sistema de apoio à decisão: colocando a teoria em prática*. ELSEVIER EDITORA.
- Tan, L., Haley, R., Wortman, R., and Zhang, Q. (2012). An extensible and integrated software architecture for data analysis and visualization in precision agriculture. In *2012 IEEE 13th International Conference on Information Reuse Integration (IRI)*, pages 271–278.
- Walling, E. and Vaneeckhaute, C. (2020). Developing successful environmental decision support systems: Challenges and best practices. *Journal of Environmental Management*, 264:110513.
- Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V., and Martínez, N. L. (2020). Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170:105256.
- Zheng, Y. and Altamimi, T. (2017). Innovative mobile visualization platform: Specification on a prototype mobile application for agriculture. In *2017 3rd IEEE International Conference on Cybernetics (CYBCONF)*, pages 1–6.