



Universidade Federal de Viçosa

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

RESUMO DOS PROJETOS DE PESQUISA DESENVOLVIDOS NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA DA UFV

## I.1. Projetos de pesquisa da Área de Concentração em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

### I.1.1. Desenvolvimento de sistemas para o processamento, conservação e armazenamento de plantas medicinais e seus derivados

Linha de Pesquisa: Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas

Responsável: Prof. Evandro de Castro Melo

#### Descrição

Cada vez mais, o consumidor vem buscando utilizar produtos de origem vegetal para ser usado como medicamentos e para melhorar o sabor dos alimentos que consome. Isso se observa na significativa expansão do comércio de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. A produção desses produtos tem se constituído numa importante fonte de renda para os agricultores, especialmente para os pequenos produtores.

Estudos demonstram que essas plantas oferecem derivados mais saudáveis do que aqueles de origem química. Entretanto, cada planta, seja ela voltada para a área medicinal ou para a área de condimentos ou de cosméticos, tem suas particularidades. É importante que as técnicas de processamento e de conservação lhes preserve ao máximo seus princípios ativos. Por isso, é cada vez maior o interesse por parte da sociedade de sistemas dedicados à produção desses produtos.

O alto teor de água presente nestas plantas é o principal responsável pela má conservação do produto. Nesse contexto, é essencial que as plantas tenham seu teor de água reduzido após a colheita. Assim sendo, a secagem é um processo fundamental para assegurar a preservação dos princípios ativos e, conseqüentemente, a sua qualidade e estabilidade após a colheita.

Portanto, esse projeto tem como objetivo geral desenvolver sistemas para o processamento e a conservação de produtos oriundos de plantas medicinais. O objetivo geral no estudo da secagem e do armazenamento de plantas medicinais é a maximização dos princípios ativos presentes na planta com minimização do consumo energético. Os objetivos específicos a serem atingidos ao se estudar uma planta específica são:

- 1)** Avaliar o efeito de pré-tratamentos na quantidade e qualidade dos princípios ativos, a saber: aplicação de ultrassom em meio aquoso, aplicação de banho alcóolico;
- 2)** Avaliar o efeito de períodos de descanso durante o processo de secagem na qualidade e quantidade dos princípios ativos, no tempo de secagem e no consumo específico de energia;
- 3)** Otimizar o processo de secagem e desenvolver projetos de novos secadores usando modelagem matemática, visando produção comercial;
- 4)** Avaliar aspectos quantitativos e qualitativos do óleo de partes específicas de frutos para produção de biodiesel;
- 5)** Avaliar aspectos quantitativos e qualitativos do óleo essencial e extrato vegetal de folhas para produção de cosméticos e medicamentos fitoterápicos;

- 6) Avaliar aspectos quantitativos e qualitativos de sementes com finalidade culinária e produção de medicamentos fitoterápicos;

Para atingir esses objetivos realiza-se a análise do processo de secagem de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, avaliando-se temperatura e umidade relativa do ar ambiente; velocidade, temperatura e umidade relativa do ar de secagem; e medição do consumo energético envolvido no processo. As plantas após a secagem, são processadas para a extração dos princípios ativos de interesse da indústria (marcador), e assim avaliar o efeito das condições de secagem na quantidade e qualidade desses princípios. Para a identificação e determinação das quantidades de princípios ativos se utilizam modernas técnicas de cromatografia líquida e gasosa. E na avaliação do extrato vegetal, utiliza-se a espectrofotometria. Para a avaliação do efeito das variáveis da secagem na quantidade e na qualidade do marcador industrial, são utilizadas técnicas de computação científica presentes no pacote Anaconda, como *pandas*, *statsmodels*, *seaborn*, *scikit-learn* e *scikit-image*.

## I.1.2. Ozônio em processos de descontaminação, detoxificação e remoção de agrotóxicos; controle de insetos-praga de grãos e subprodutos armazenado

Linha de Pesquisa: Propriedades Físicas e Qualidade dos Produtos Agrícolas

Responsável: Profa. Lêda Rita D'Antonino Faroni

### Descrição

O panorama de busca de novas tecnologias para tratamento de produtos alimentares, bem como insumos e afins, constantemente leva a pesquisas científicas para desenvolvimento de novos processos e/ou produtos. O ozônio, embora tenha sido descoberto ainda em 1839, apenas começou a ser reconhecido como potencial desinfetante no final do século XIX. Observou-se, inclusive, que após a sua degradação, o resíduo do ozônio ( $O_3$ ) é o gás oxigênio ( $O_2$ ). Os primeiros avanços no uso de ozônio ocorreram para aplicação em água. Apenas no início do século XX iniciaram-se trabalhos para aplicação de ozônio em produtos alimentícios.

Acompanhando a evolução das aplicações de ozônio para água e, posteriormente, para produtos alimentícios, os órgãos regulamentadores foram avaliando a segurança dessas aplicações. O reconhecimento legal para aplicação direta do ozônio em alimentos pela agência reguladora dos Estados Unidos (*Food and Drug Administration – FDA*) ocorreu apenas em 2001.

A regulamentação e o reconhecimento do ozônio como seguro para aplicação em alimentos possibilitaram a expansão de aplicações e estudos para sua utilização no armazenamento e processamento de grãos. O ozônio, em geral, já é reconhecido como agente inseticida, antifúngico e detoxificante, antimicrobiano e para remoção de resíduos de agrotóxicos.

Devido à aplicação relativamente recente no processamento de alimentos, o uso do ozônio pela indústria alimentícia gera discussões e ainda carece de regulamentações. Diversos países veem discutindo a aplicação do ozônio e a necessidade de informar ao consumidor o uso do ozônio no processamento de alimentos. No Brasil, embora o uso do ozônio para tratamento de água seja regulamentado pelo Ministério da Saúde, não há regulamentação específico quanto à aplicação em alimentos. Entretanto, o Ministério do Trabalho, através da Norma Regulamentadora Nº 15, já regulamenta o trabalho de profissionais expostos à ambiente com ozônio.

O ozônio é formado por três átomos de oxigênio (O) ligados a partir da adição de um radical livre de oxigênio à molécula de oxigênio ( $O_2$ ). O primeiro relato do odor característico do ozônio ocorreu em 1781, sendo nomeado como ozônio (do grego, *ozein* = cheiro) apenas em 1840.

Em condições ambientais de temperatura e pressão, o ozônio é instável, decompondo-se rapidamente em oxigênio molecular ( $O_2$ ). Advém dessa propriedade, o fato de que o  $O_3$  não deixa resíduos tóxicos no ambiente/produto, uma vez que seu produto de degradação é o oxigênio. A decomposição, seja em estado gasoso ou aplicado em água, do ozônio é influenciada pela sua concentração, temperatura e pelos outros compostos presentes no ar ou água.

O ozônio, além de apresentar alto potencial oxidativo (2,07 V), ainda é capaz de formar radicais que apresentam potenciais oxidativos ainda maiores. Por esse motivo, as reações que envolvem o  $O_3$  podem ocorrer devido à reação direta entre o ozônio e a molécula de interesse ou através da formação de radicais intermediários que reagem com a molécula. Diversos mecanismos da reação entre ozônio e alguns agrotóxicos e micotoxinas foram propostos nos últimos anos.

Devido à instabilidade do ozônio nas condições de aplicação, não é possível armazenar o gás ozônio para ser aplicado posteriormente e o gás deve ser gerado no próprio local de aplicação.

Em geral, para fins de aplicação industrial, o ozônio é gerado a partir de dois métodos: fotoquímico com radiação ultravioleta (UV) ou efeito corona. Para fins de aplicação industrial, os geradores baseados no efeito corona são os mais utilizados.

Os geradores baseados no efeito corona geram ozônio a partir da passagem de oxigênio através de um campo elétrico entre dois eletrodos. Devido à energia do campo elétrico, a molécula de oxigênio ( $O_2$ ) produz radicais de oxigênio (O) que, em contato com o  $O_2$ , formarão as moléculas de ozônio ( $O_3$ ). Em geral, os geradores de ozônio devem ser alimentados com fluxo de gás oxigênio com pureza, em geral, superior a 90%, livre de umidade, óleo e material particulado.

#### EFEITO FUNGICIDA E DETOXIFICANTE

Os grãos armazenados estão sujeitos ao ataque de mais de 50 espécies de fungos, com destaque para os microrganismos dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Além de perdas qualitativas e quantitativas, os fungos produzem micotoxinas, produtos do seu metabolismo que podem ser prejudiciais à saúde humana e animal. Diferentes fungos produzem diferentes metabólitos que se diferenciam na sua estrutura química e nos seus efeitos para o grão e para o homem e/ou animal. Dentre as micotoxinas mais estudadas, devido ao seu risco para a saúde humana e animal, estão as aflatoxinas, ocratoxinas, tricotecenos (desoxinivalenol e nivalenol), zearalenona e fumonisinas. A maior parte das micotoxinas prejudiciais a saúde humana e animal está associada à pós-colheita de grãos, cereais e forrageias.

As aflatoxinas, com destaque para AFB1, AFB2, AFG1, AFG2, AFM1 e AFM2, são as micotoxinas mais estudadas e estão associadas aos fungos do gênero *Aspergillus*. Vários estudos epidemiológicos têm relacionado a exposição humana às aflatoxinas com a ocorrência de sérios problemas hepáticos, inclusive câncer. As micotoxinas produzidas pelos fungos dos gêneros *Penicillium* são relativamente variadas, como citrinina, patulina, ácido penicílico, roquefortina C, entre outras. Embora, a patulina e o ácido penicílico tenham sido associados a alterações celulares, novos estudos indicam que a patulina possa ser uma alternativa para o tratamento de câncer colorretal. A ocorrência de fumonisinas está associada aos fungos do gênero *Fusarium* e, entre outros riscos à saúde, tem sido relacionada ao câncer de esôfago em humanos.

Devido ao seu potencial oxidativo, o ozônio vem sendo avaliado para tratamento como agente fungicida e a sua capacidade em degradar as micotoxinas eventualmente presentes nos grãos. Devido ao seu mecanismo de ação por lise celular, o ozônio não leva à seleção de microrganismos resistentes.

#### REMOÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS

Os insetos-praga e os fungos são responsáveis por consideráveis perdas, tanto qualitativas como econômicas, no setor de armazenamento. Em decorrência disto, o controle destas pragas nas unidades armazenadoras tem sido intensificado nas últimas décadas, sendo prioritário o uso de agrotóxicos com ação residual.

Os inseticidas dos grupos piretróides e organofosforados vêm sendo empregados desde a década de 1960 em programas de manejo de insetos-praga em produtos armazenados, em todo o mundo. No Brasil, são indicados para o tratamento de grãos armazenados produtos formulados contendo os piretróides bifentrina, deltametrina, esfenvalerato e permetrina e os organofosforados

fenitrotiona e pirimifós-metílico. Esses agrotóxicos são ocasionalmente utilizados nos grãos, e assim, surgiu a preocupação com a possibilidade de que alguns desses agrotóxicos possam se adsorver à superfície dos grãos e os riscos oferecidos por estes à saúde dos consumidores.

Na expectativa de conciliar a proteção residual dos grãos com sua utilização subsequente, órgãos nacionais e internacionais têm estabelecido limites e tolerâncias destes resíduos por meio de parâmetros toxicológicos como Intervalo de Segurança (IS), Limite Máximo de Resíduos (LMR) e Ingestão Diária Aceitável (IDA), os quais quando atendidos podem anular os riscos oferecidos pelos resíduos dos inseticidas à saúde dos consumidores. Internacionalmente, o LMR e o IDA são estabelecidos pelo *Codex Alimentarius*, porém cada país pode ter um órgão que fiscaliza e estabelece tais parâmetros para o seu mercado interno.

O desenvolvimento de tecnologias capazes de degradar os resíduos dos agrotóxicos nos alimentos antes do consumo são, atualmente, o principal desafio. O uso do ozônio vem se destacando, graças ao elevado poder oxidativo e facilidade de obtenção deste gás.

#### EFEITO INSETICIDA

Uma das potencialidades do ozônio em grãos é a sua aplicação como inseticida. O ataque de insetos-praga em grãos armazenados é um importante problema que ocorre em nível nacional e internacional. Nos últimos anos, o ozônio surgiu como uma alternativa para o tratamento como fumigante de grãos armazenados.

Por ser um gás, o ozônio penetra no organismo dos insetos principalmente via espiráculos. Não existem estudos disponíveis na literatura sobre os mecanismos de ação deste fumigante sobre os insetos. Porém, pesquisas com outros organismos indicam que o ozônio pode oxidar uma variedade de biomoléculas. Basicamente, o ozônio atua promovendo danos às membranas celulares ou desencadeando a morte celular mediante estresse oxidativo. O termo estresse oxidativo pode ser definido como a prevalência de espécies oxidantes dentro das células vivas ou como a atividade destas sobre as defesas antioxidantes celulares.

O ozônio é capaz de oxidar macromoléculas como lipídeos insaturados, proteínas, ácidos nucléicos, enzimas respiratórias das membranas celulares e enzimas do citoplasma, ocasionando a morte celular e conseqüentemente a morte do organismo. O ozônio pode oxidar os componentes do envelope celular incluindo ácidos graxos insaturados, enzimas ligadas à membrana, glicoproteínas e glicolipídeos, causando a lise das células e a morte das mesmas.

### I.1.3. Óleos essenciais no controle de insetos-praga de grãos armazenados

Linha de Pesquisa: Propriedades Físicas e Qualidade dos Produtos Agrícolas

Responsável: Profa. Lêda Rita D'Antonino Faroni

#### Descrição

No armazenamento de grãos muito se tem feito no sentido de redução das perdas e conservação adequada dos produtos agrícolas. Para evitar essas perdas pelo ataque de insetos-praga se faz uso do controle químico, que é o tratamento mais utilizado. Os métodos mais comuns de controle dos insetos-praga de grãos são feitos por meio do uso de inseticidas protetores (piretroides e organofosforados) e fumigantes em que o princípio ativo é a fosfina (cujo precursor é o fosfeto de alumínio). Porém, o uso excessivo de inseticidas sintéticos causa riscos e implicações toxicológicas para a saúde humana e o aumento da contaminação do meio ambiente.

Diante desta situação, uma série de investigações têm sido desenvolvidas no intuito de obter métodos alternativos para o controle de insetos em grãos armazenados, entre os quais se destacam, os inseticidas de origem vegetal. A procura por espécies vegetais com propriedades inseticidas às pragas de grãos armazenados tornou-se uma linha de pesquisa promissora. Nesse sentido, muitas espécies de plantas que são utilizadas para o tratamento homeopático de doenças na saúde humana e animal têm contribuído na obtenção de compostos com atividade inseticidas.

Inseticidas botânicos são métodos alternativos que apresentam redução de risco de resistência cruzada dos insetos, pois estes podem atuar em sítios de ação diferenciados, estes métodos degradam-se rapidamente e reduzem os prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente, a maioria oferece o benefício da especificidade, o que reduz generosamente qualquer dano a outros organismos. Além disso, plantas com atividade inseticida podem ser utilizadas como pós secos, extratos aquosos e orgânicos e óleos, constituindo uma alternativa aos inseticidas químicos sintéticos, principalmente pela sua eficiência, facilidade de aplicação e obtenção, rápida degradação e baixa toxicidade para os aplicadores.

Seu modo de ação vai desde a morte por contato, repelência, inibição da oviposição, redução no desenvolvimento larval e até redução na fecundidade e fertilidade de adultos, podendo ser tóxicos por via tópica ou fumigante. Assim, é mais fácil adequar-se aos anseios da sociedade moderna na busca de alimentos saudáveis, bem como aos programas de Manejo Integrado de Pragas, além de serem uma alternativa barata que não causa danos relevantes ao ambiente. Os óleos essenciais (OEs) são comumente constituídos por terpenóides voláteis, como os monoterpenos e sesquiterpenos, apresentando grande potencial a ser explorado no controle de pragas agrícolas e urbanas, como uma alternativa barata e ecológica aos inseticidas sintéticos.

Os óleos essenciais são misturas complexas de compostos orgânicos constituídos por hidrocarbonetos (terpenos e sesquiterpenos) e outros compostos orgânicos (álcoois, ésteres, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas, fenóis éteres óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, enxofre). Geralmente são substâncias voláteis, solúveis em solventes orgânicos, apresentam-se na forma líquida, com coloração amarela ou incolor, sabor ácido e picante. Constituem matéria-prima de grande importância para a indústria cosmética, farmacêutica e alimentícia. São produzidos pelas plantas como compostos secundários, encontrados em maior quantidade na casca, flores, folhas, rizomas e sementes e estocados em células secretoras, cavidades, canais, células epidérmicas ou tricomas glandulares.

Quase 3000 diferentes óleos essenciais são conhecidos, e 300 são usados comercialmente no mercado de aromas e fragrâncias. Os óleos essenciais desempenham um papel importante na defesa das plantas, já que possuem metabólitos secundários e propriedades antimicrobianas. Os OEs ou seus componentes demonstraram possuir não apenas atividades antibacterianas, mas também antiparasitárias, propriedades antivirais, antifúngicas, antioxidantes e inseticidas. A atividade inseticida de alguns OEs está associada ao neuromodulador octopamina, encontrado em todos os invertebrados, mas não em mamíferos. Por esse motivo apresentam menor toxicidade para o homem. Os OEs e seus compostos apresentam uma maior barreira à resistência de pragas e um menor risco à saúde humana e à contaminação do meio ambiente quando comparados aos inseticidas convencionais.

Óleos essenciais são bons penetrantes que aumentam sua própria biodisponibilidade e a de produtos co-administrados. Estas propriedades estão relacionadas com a interrupção das bicamadas lipídicas das células. Além disso, um número de componentes presentes nos óleos essenciais são inibidores dos citocromos P450 em insetos, responsáveis para o metabolismo de fase I de xenobióticos, incluindo inseticidas.

Em decorrência de os óleos essenciais serem derivados das plantas ou extratos vegetais, estes possuem múltiplos modos de ação. Sendo eles totais ou fitoquímicos purificados, nos insetos, apresentam-se de diferentes formas, incluindo a toxicidade, o retardamento no desenvolvimento, a inibição da alimentação, a deterrência à oviposição, a redução na fecundidade e na fertilidade, destruição da cutícula; e atividade na via octopamínica no sistema nervoso central.

Vários componentes dos óleos essenciais podem atuar como neurotóxicos nos insetos, e já foram descritos vários tipos de receptores, incluindo os neuronais (GABA), os quais são os sítios de destino dos compostos. Em vista do grande potencial dos óleos essenciais como agentes inseticidas, vários óleos vêm sendo estudados no sentido de controlar pragas de grãos armazenados

Os óleos essenciais são definidos como produtos extraídos de plantas naturais por meios físicos tais como destilação, prensagem a frio e destilação seca. Contudo, a perda de alguns componentes e a degradação de alguns compostos insaturados por efeitos térmicos ou por hidrólise podem ser gerados por estas técnicas de extrações convencionais, surgindo assim a necessidade do desenvolvimento de novas técnicas de extração que preservem a qualidade do óleo essencial. Além da degradação ocasionada pelos métodos de extração tradicionais, os óleos essenciais e seus compostos podem ser desestabilizados pela exposição a luz, ao oxigênio e à altas temperaturas.

Para que os OEs sejam usados com segurança no controle de pragas em grãos armazenados, a avaliação de sua persistência na massa de grãos após o tratamento é de essencial importância. A análise da persistência de inseticidas é importante para garantir a sua segurança alimentar e para determinar o seu período de carência. Devido à ausência de pesquisas direcionadas a avaliação da persistência de inseticidas botânicos em grãos armazenados, o desenvolvimento de métodos para quantificar a persistência de óleos essenciais e seus componentes em alimentos se torna necessário para garantir a segurança do seu uso.

Os óleos essenciais são aplicados de forma semelhante a outros inseticidas, e sua atividade biológica se manifesta tanto por exposição aos vapores quanto por aplicação tópica.

Apesar dos recentes estudos sobre a ação inseticida dos óleos essenciais e seus componentes majoritários e seu uso em produtos armazenados, as informações sobre sua

estabilidade, persistência em grãos e os seus efeitos comportamentais sobre os insetos são escassos.

#### I.1.4. Propriedades e qualidade dos produtos agrícolas

Linha de Pesquisa: Propriedades Físicas e Qualidade dos Produtos Agrícolas

Responsável: Prof. Paulo Cesar Corrêa

##### Descrição

A crescente importância econômica dos materiais agrícolas, juntamente com a complexidade da tecnologia moderna para a sua produção, manuseio, armazenamento, processamento, preservação, avaliação da qualidade, distribuição, comercialização e utilização, exigem um conhecimento preciso das propriedades físicas, térmicas e aerodinâmicas desses materiais. Desde o plantio até o consumidor final, os produtos agrícolas são submetidos à diversos tratamentos físicos envolvendo técnicas e dispositivos mecânicos, térmicos, elétricos, ópticos e sônicos. É essencial compreender de maneira profunda as leis que regem a resposta desses materiais biológicos a esses tratamentos, para que as máquinas, processos e operações de manuseio possam ser projetados para a máxima eficiência e a mais alta qualidade dos produtos finais.

Como consequência da crescente conscientização sobre qualidade dos produtos alimentícios, um aumento na demanda por dados referentes às suas propriedades é observado. Durante o processamento e armazenamento dos produtos agrícolas, várias variáveis são responsáveis por alterar suas propriedades e a qualidade. Neste contexto, diversas pesquisas vêm buscando avaliar as mudanças nas propriedades e qualidade dos produtos agrícolas dependentes do teor de água do produto, da temperatura de secagem, das condições de armazenamento e de diferentes tipos de tratamentos e técnicas. E devido às características próprias, a determinação das propriedades e qualidade para cada produto é essencial e particularmente importante.

A utilidade prática das propriedades físicas dos produtos agrícolas é comumente verificada nos projetos de máquinas, projetos estruturais, engenharia de processos e controle, dentre outros. No entanto, o conhecimento das propriedades físicas dos produtos agrícolas não tem uso restrito à engenharia, podendo as informações serem de grande utilidade em outros ramos da ciência ou tecnologia relacionadas com o comportamento físico e processamento de frutos e vegetais, de um modo geral.

Juntamente com o conhecimento das propriedades físicas “clássicas” como, higroscopia, cinética de dessecamento, uso alternativo de secagem como o uso de espumas, difusão líquida, encolhimento e expansão, forma e tamanho, índices de qualidade, escoamento, dentre outras, a determinação das propriedades aerodinâmicas é essencial para melhorar todo e qualquer processo que envolva o fluxo de ar. As forças aerodinâmicas que existem durante o movimento relativo entre o ar e os materiais atuam de forma diferente em diferentes partículas. Nesse sentido, as propriedades aerodinâmicas têm grande escopo de aplicabilidade no processo de separação de produtos indesejáveis, como impurezas e materiais inferiores, principalmente nas operações de colheita, seleção, limpeza, secagem, processamento e classificação. Além disso, as informações sobre essas propriedades permitem a separação de produtos com diferentes teores de umidade e massa específica e podem ser utilizadas para o uso correto de transportadores pneumáticos.

A determinação das propriedades térmicas é essencial também para o transporte e armazenamento dos grãos e produtos alimentícios. Além do processamento e preservação, as propriedades térmicas também podem afetar a qualidade sensorial dos alimentos, bem como permitem a avaliação dos processos para economia de energia durante o processamento. O

conhecimento das propriedades térmicas dos alimentos é, portanto, crucial não apenas para o projeto de equipamentos, mas também para a previsão e o controle de várias mudanças que ocorrem nos alimentos durante os processos de transferência de calor associados ao armazenamento e processamento. No entanto, a aplicação dos princípios de engenharia pode ser frequentemente dificultada por dados inadequados ou escassos sobre determinados produtos, já que estas propriedades podem ser diferentes para um mesmo tipo de produto de diferentes espécies e/ou cultivares.

Mudanças genéticas e a busca por maior rendimento em campo resultam em diversas alterações estruturais, químicas e fisiológicas nos produtos agrícolas. Dessa forma, apesar dos inúmeros esforços para determinação das propriedades e qualidade dos produtos agrícolas nas últimas décadas, vários fatores intrínsecos ao produto levam à necessidade constante de obtenção de novos dados. Diante o exposto, o objetivo geral desse projeto é avaliar e modelar as propriedades físicas, aerodinâmicas e térmicas dos produtos agrícolas, em função de variáveis como o teor de água do produto e temperatura de secagem, além de avaliar e otimizar os processos pós-colheita dos produtos agrícolas para garantir a qualidade do produto final.

Para o cumprimento de tal objetivo, dados de propriedades físicas, aerodinâmicas e térmicas e para avaliação da qualidade dos produtos agrícolas utilizando metodologias consistentes aceitas à nível internacional são obtidos. Análises estatísticas e modelagem matemática são utilizadas para garantir uma representação fiel do fenômeno avaliado. Dentre as principais propriedades avaliadas pode-se citar: tamanho e forma (obtidos por métodos padrões e por análise de imagens digitais), cor, textura, teor de água, massa específica, ângulo de repouso, ângulo de atrito, cor, teor de água de equilíbrio, respiração, velocidade terminal, coeficiente de arrasto, condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica, além de análises sensoriais para verificação da qualidade final do produto.

## I.2. Projetos de pesquisa da Área de Concentração em Construções Rurais e Ambiência

### I.2.1. Ambiência na produção animal e vegetal em condição de clima tropical

Linha de Pesquisa: Ambiência, Engenharia e Arquitetura de Sistemas Agrícolas e Agroindustriais na Produção Animal e Vegetal

Responsável: Profa. Fernanda Campos Sousa

#### Descrição

O Brasil possui destaque mundial na produção de alimentos de origem animal e vegetal. Há muitos anos o país ocupa posições de destaque no cenário mundial em produção e exportação de alimentos. O país possui um clima predominantemente tropical com altos níveis de radiação solar, o que favorece o uso de energia solar fotovoltaica. Ademais, diante da perspectiva de crescimento populacional e do conseqüente aumento da demanda por alimentos, o desenvolvimento de pesquisas voltadas a ambiência na produção animal e vegetal em condições de clima quente tem ganhado cada vez mais relevância. Porém grande parte das metodologias utilizadas e das pesquisas desenvolvidas relacionadas a ambiência nas instalações de produção animal e vegetal se concentram em países de clima temperado. Por isso ainda existe uma carência de estudos e metodologias relacionados a ambiência, aplicáveis à realidade das condições climáticas e das tipologias das construções adotadas na agroindústria dos países localizados em clima tropical.

Assim, o objetivo desse projeto é aperfeiçoar e desenvolver metodologias aplicáveis à realidade das instalações localizadas em clima tropical, para atender a ambiência animal e vegetal, com sustentabilidade econômica, energética e ambiental. Objetiva-se especificamente: a) Testar e desenvolver materiais de construção convencionais e alternativos, associados a técnicas construtivas e uso de fontes alternativas de energia visando o conforto térmico nas instalações; b) Aperfeiçoar metodologias para planejamento e projetos de instalações destinadas à agroindústria com eficiência produtiva aliada às normas de bem-estar animal; c) Aperfeiçoar e desenvolver metodologias para monitoramento e controle da qualidade do ar e emissão de poluentes atmosféricos nos ambientes de produção, a nível local e global; d) Testar e desenvolver tecnologias para manejo, destinação e aproveitamento energético de resíduos agroindustriais nas próprias instalações; e) Caracterizar a qualidade do ar nas instalações abertas e híbridas utilizadas na indústria de produção animal em clima tropical; f) Caracterizar sistemas produtivos de fontes alternativas de proteína de origem animal, desde o planejamento e projeto da construção até a ambiência mais adequada para atender ao manejo e as exigências ambientais do animal alojado, além de formas de tratamento e aproveitamento de resíduos gerados e caracterização da qualidade do ar dessas instalações.

Os experimentos que são conduzidos nessas pesquisas são realizados em parceria com instituições públicas e empresas privadas. Pretende-se aprimorar metodologias padronizadas em países desenvolvidos, de clima temperado, até então inéditas nos países de clima tropical.

O aperfeiçoamento das metodologias existentes é realizado visando buscar formas de melhorar a adaptação delas às condições climáticas e tipológicas das construções predominantemente utilizadas nos países de clima tropical, sabidamente abertas e híbridas. Pretende-se desenvolver metodologias que utilizem tecnologias e equipamentos de baixo custo para facilitar o acesso e a aplicação das mesmas não só a nível científico, mas ao nível tanto do grande quanto do pequeno produtor. São aprimoradas metodologias existentes e consideradas de

baixo custo, porém até então aplicáveis as tipologias das instalações de países de clima temperado, como por exemplo a Unidade Portátil de Monitoramento (PMU), que é utilizada para mensuração das emissões atmosféricas e da qualidade do ar nas instalações de produção animal. A PMU já é considerada uma metodologia de baixo custo quando comparada a outras com a mesma finalidade. Portanto são necessárias adaptações para sua utilização na realidade das instalações abertas e híbridas do Brasil e América do Sul.

Além disso, pretende-se desenvolver equipamentos e aprimorar metodologias utilizando sensores de baixo custo, plataformas e softwares de acesso livre. São testados e desenvolvidos materiais de construção que possam funcionar como materiais construtivos e ao mesmo tempo com possibilidade de aproveitamento energético em formas mais sustentáveis, como a energia solar fotovoltaica. São testadas possibilidade de disposição de painéis solares fotovoltaicos utilizados como elemento arquitetônico nas instalações e materiais de cobertura com aproveitamento de energia solar fotovoltaica, como as telhas fotovoltaicas. São utilizados os índices do ambiente térmico, já preconizados na literatura, como: Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Índice de Temperatura e Umidade de Globo (ITGU), Carga Térmica de Radiação (CTR), entre outros, para avaliação dos efeitos desses materiais na ambiência interna das instalações.

No desenvolvimento das pesquisas sempre que possível são utilizadas todas as estruturas da área experimental de Construções Rurais e Ambiência, como os laboratórios, os protótipos de instalações e as câmaras climáticas. Além disso, no desenvolvimento dos projetos são respeitadas as especificações de normas e diretrizes, nacionais e internacionais, relacionadas as construções rurais, ao bem-estar animal, à qualidade do ar na produção animal e à emissão de gases de efeito estufa.

## 1.2.2. Ambiência e engenharia na produção animal sustentável para as condições climáticas do Brasil

Linha de Pesquisa: Ambiência, Engenharia e Arquitetura de Sistemas Agrícolas e Agroindustriais na Produção Animal e Vegetal

Responsável: Profa. Ilda de Fátima Ferreira Tinôco

### Descrição

Este projeto encontra-se inserido em linha de pesquisa já consolidada pelo grupo de Construções Rurais e Ambiência, sediado no AMBIAGRO (Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Departamento de Engenharia Agrícola da UFV. As pesquisas realizadas vêm produzindo avanços neste tema desde 2001 e geraram mais de uma centena de dissertações de mestrado, teses de doutorado e iniciações científicas, fornecendo resultados importantes para todo o Brasil.

Quanto ao tema de investigação, deve-se considerar que a imperativa necessidade de sustentabilidade na atividade humana é hoje a palavra de ordem das comunidades científicas em geral. Essa tônica é fundamental para o Brasil que possui uma das maiores agroindústrias do mundo, sendo o maior exportador e o terceiro maior produtor de carne de frango, quarto maior produtor de carne suína, maior exportador de carne bovina e quinto maior produtor de ovos de todo o mundo. Entretanto, o diferencial para o caso do Brasil e de outros países de clima quente, é que as instalações para produção animal dos climas tropicais e subtropicais são maciçamente concebidas abertas e sem isolamento térmico, constituindo-se sistemas termodinâmicos com barreiras muito débeis. Por isso, os projetos brasileiros para a produção animal demandam um tratamento totalmente diferenciado do que se faz em climas temperados e frios, gerando soluções técnicas próprias. Desta forma, medidas de engenharia de controle assumem importância capital para o setor agrícola e para a economia nacional. É preciso levar em conta os sistemas de acondicionamento ambiente e seus efeitos na melhoria do ambiente dos abrigos de animais, em consonância com as exigências dos animais e padrões de qualidade do ar. É necessário estudar as implicações da atividade ao meio ambiente e geração de gases e os materiais de construção dos envoltórios dos alojamentos como galpões criatórios, entre outros aspectos.

Com base nas premissas anteriores, os projetos de pesquisa ora em andamento buscam definir de técnicas e dispositivos de construções eficientes e que possibilitem a melhoria do ambiente de criação animal. Como consequência aumenta-se sua produtividade e melhora o bem-estar nas diferentes regiões climáticas do vasto território brasileiro. Como isso, atende-se às exigências cada vez mais acirradas dos mercados consumidores pela qualidade do produto associada a bem-estar animal. O objetivo geral é o de buscar uma nova leitura sobre a ambientação e acondicionamento e alojamento animal, com vistas à sustentabilidade e ao bem-estar animal e dos trabalhadores, servindo como mais uma ferramenta de apoio à decisão para concepção de projetos arquitetônicos e definição de sistemas de climatização de ambientes para o Brasil.

Neste momento, os projetos em andamento estão mais voltados para sistemas intensivos de produção de leite, com destaque aos sistemas "Compost Barn" e aos sistemas relacionados a avicultura de corte e postura. Objetiva-se direcionar as investigações científicas no sentido de se buscar atender níveis ideais de bem-estar animal, relacionado ao comportamento dos mesmos, para que a produção seja maximizada, levando-se em consideração a complexidade com que os fatores de produção estão relacionados e a segurança alimentar. Busca-se obter um modo rápido

e preciso de monitorar constantemente o comportamento dos animais (neste momento bovinos e aves) criados sob diferentes sistemas de acondicionamento e manejos ambientais. Busca-se obter informações suficientes para uma tomada de decisão rápida e eficiente, visando evitar prejuízos econômicos, à luz das condições climáticas de cada região do país. Isto, sem perder de vista que o atendimento às questões ambientais e preservação da vida de qualidade sobre o planeta constituem obrigação das empresas de produção de alimentos, e que o estudo das soluções constitui um dever das universidades e centros de pesquisa, e que as parcerias em investigações desta natureza constituem atividade estratégica prioritária e que deve ser mantida sempre.

Por estas razões, os experimentos relacionados ao projeto geral estão sendo conduzidos em parceria com empresas do setor privado do país, tais como: Pif-Paf- Alimentos S/A, Nogueira Rivelli Alimentos S/A, Granja Mantiqueira, Granja Lana, entre outras e com a participação técnico-científica de centros de pesquisa e universidades do Brasil e do exterior, tais como: UFV, UFLA, Universidade Federal da Paraíba, Universidade de Florença, INRA– França, Universidade Nacional da Colômbia, Egg Industry Center- USA, Universidade de Évora e Iowa State University.

### 1.2.3. Sustentabilidade da produção animal e vegetal segundo a ótica da engenharia de sistemas agrícolas e biológicos

Linha de Pesquisa: Ambiência, Engenharia e Arquitetura de Sistemas Agrícolas e Agroindustriais na Produção Animal e Vegetal

Responsável: Prof. Richard Stephen Gates

#### Descrição

O Brasil está entre os maiores produtores de alimentos do mundo. Os produtos de origem animal, como carnes, ovos e leite geram emprego e renda aos produtores e fazem a roda da economia do país girar. Após décadas de investimentos em tecnologia, os setores de produção de carne bovina e de frango resultaram em elevados índices produtivos e elevada qualidade dos produtos. Assim, a cada ano a produção nacional de carne de frango ganha destaque mundial tanto em produção quanto em exportação. O país é um dos mais importantes produtores de carne bovina, com o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, cerca de 214 milhões de cabeças de gado. A produção de leite brasileira coloca o país dentre os cinco maiores produtores mundiais, com cerca de 9% do total de leite produzido no mundo. A produção de ovos de galinhas poedeiras chegou à marca de 1,01 bilhão de dúzias no terceiro trimestre de 2020. O país é o maior exportador mundial de carne de frango e um dos principais exportadores de carne de porco. Contudo, todos os setores de produção animal ainda apresentam desafios para o conforto e bem-estar animal. O impacto dos diferentes sistemas de produção animal, incluindo os tipos de alojamento, a saúde e o bem-estar no comportamento dos animais ainda é considerado um problema significativo. No entanto, além do bem-estar animal, existem outros aspectos envolvendo a sustentabilidade, como as questões econômicas, os fatores ambientais, a saúde humana dos trabalhadores envolvidos na atividade, a segurança alimentar e os valores sociais.

Um dos focos da pesquisa neste projeto é o estudo da sustentabilidade na produção de alimentos de origem animal com base na avaliação do ciclo de vida (LCA). Os trabalhos visam desenvolver uma abordagem ecoeficiente para a produção com base na metodologia de avaliação do ciclo de vida (LCA) e no mapeamento do fluxo de valor; caracterizar os fluxos de materiais, gastos energéticos e emissões ao longo da cadeia produtiva; avaliar os impactos do ciclo de vida (LCIA) na produção, por meio dos dados obtidos pelo software openLCA; quantificar as emissões das principais etapas da cadeia de abastecimento, prevendo o quão impactante ao meio ambiente a produção está relacionada. Por meio dos resultados, espera-se realizar o monitoramento dos sistemas de produção animal, mantendo atualizado um banco de dados, como forma de auxiliar a logística e o custo de todo o processo produtivo, bem como atender ao programa de automonitoramento das condicionantes ambientais, que se mantêm durante toda a vigência da licença de operação das granjas. Outras pesquisas que estão sendo desenvolvidas no projeto visam melhorar a produtividade e a qualidade dos alimentos de origem animal. Estão sendo realizadas avaliações a partir de análises termográficas das condições de conforto térmico animal e da eficiência energética das instalações do Brasil e da América do Sul. São avaliadas as condições atuais de conforto térmico animal e a eficiência energética das construções utilizadas, além da relação com a atividade energética dos animais vistos como um sistema produtivo, como a vaca leiteira. Também são analisadas as necessidades de selecionar e propor alternativas para a melhoria do conforto animal e conseqüentemente da produtividade e da qualidade dos produtos. Como é importante avaliar o comportamento animal de forma não invasiva, estão sendo realizadas as avaliações térmicas por meio de análise de imagens termográficas da construção e dos animais, com base em índices de conforto animal. Nesses experimentos são realizadas avaliações térmicas da estrutura de

produção e dos animais alojados a nível agroindustrial nas instalações adotadas no setor comercial do Brasil e da América do Sul.

Todos os experimentos que são conduzidos nessas pesquisas são realizados por meio de parcerias com instituições públicas e empresas privadas do setor de produção animal do Brasil e de outros países da América do Sul. Dentro do possível são utilizadas todas as estruturas, bem como laboratórios, da área de Construções Rurais e Ambiente. Além disso, no desenvolvimento dos projetos são respeitadas as especificações de normas e diretrizes, nacionais e internacionais, relacionadas à produção animal, a sustentabilidade e ao bem-estar animal e dos trabalhadores vinculados à agroindústria de produção animal.

### I.3. Projetos de pesquisa da Área de Concentração em Energia na Agricultura

#### I.3.1. Análise e desenvolvimento de sistemas produção de energias renováveis

Linha de Pesquisa: Racionalização do Uso de Energia em Processos Agrícolas e Fontes Renováveis de Energia

Responsável: Prof. Delly Oliveira Filho

#### Descrição

Um dos grandes desafios que a humanidade vem enfrentando é o suprimento de energia em quantidade e qualidade para atender a uma população mundial que cresce a elevadas taxas e que vem apresentando melhorias em termos socioeconômicos. Esses dois fatores aumentam a demanda por energia. Outro problema está associado ao impacto ambiental associado à produção de energia. A cada dia que passa a preocupação com a sustentabilidade da produção de energia aumenta.

Um dos focos do projeto envolve a análise de externalidade da geração de energia. Um exemplo disso são os estudos que estão sendo conduzidos na área de geração de energia solar fotovoltaica que tem como objetivo estudar a influência das externalidades na análise da viabilidade da energia fotovoltaica no Brasil em face do marco regulatório da geração distribuída do setor elétrico brasileiro, Resolução da ANEEL RN 482 /12. Especificamente esse estudo visa a) avaliar a influência na independência energética da Geração Distribuída com energia solar fotovoltaica; b) avaliar fatores ambientais, créditos de carbono e custos evitados com saúde pública relacionados com o uso da tecnologia fotovoltaica; c) estudar a tendência de participação da geração distribuída, com energia solar fotovoltaica, no mercado da concessionária de distribuição de energia elétrica; d) avaliar a influência da instalação de sistemas geração distribuída com energia solar fotovoltaica na comercialização compra e venda e aluguel de imóveis residenciais e comerciais; e) avaliar a atratividade econômica de se investir em geração distribuída com energia solar fotovoltaica para adiar o investimento no sistema elétrico de potência de geração, transmissão e de distribuição tendo em vista a modularidade de sistemas fotovoltaicos, em sistema conectado à rede e no ilhamento intencional para atendimento de cargas isoladas; f) avaliar benefícios complementares do uso de painéis como material construtivo de impermeabilização e aproveitamento simultâneo de energia elétrica e de calor; g) estudar o uso de sistemas fotovoltaicos com e sem armazenamento de energia para suprimento de demanda de ponta; h) monitorar o uso de energia elétrica de consumidores que representem as diferentes categorias tarifárias que possuam micro e mini geração distribuída de energia elétrica, e que sejam beneficiários da resolução da ANEEL 482; e i) avaliar a influência de fatores técnicos e qualidade de energia pela instalação de sistemas geração distribuída com sistemas fotovoltaicos como variação do perfil de tensão de redes de distribuição, melhoria da confiabilidade de sistemas de distribuição de energia elétrica e a redução das perdas no sistema elétrico de transmissão e distribuição.

Ainda na área de geração de energia fotovoltaica tem-se buscado o desenvolvimento de novos sistemas de produção de energia elétrica. Um deles é o desenvolvimento de árvore solar fotovoltaica que tem como objetivo geral maximizar a geração de energia elétrica com árvore solar fotovoltaica. Os objetivos específicos desses trabalhos são a) realizar um estudo do estado da arte sobre árvore solar fotovoltaica por meio de pesquisas em revistas científicas; b) modelar, simular e validar diferentes estruturas de árvores, alterando sua filotaxia, tamanho, distância entre árvores, orientação e número de folhas, de forma a maximizar a radiação incidente nas folhas.

Outro foco do projeto é no planejamento integrado do recurso energético do biogás. Os trabalhos conduzidos têm como objetivo geral avaliar o potencial energético, econômico e de emissões atmosféricas da produção de biogás e de suas externalidades em função do nível de controle e automação e da utilização de cogeração e/ou trigeração. Especificamente as pesquisas visam a) avaliar o potencial energético e de emissões de gases de efeito estufa da produção de biogás em biodigestores com e sem controle para otimização da produção; b) estimar o potencial da utilização do biometano na integração às redes de gás natural; c) avaliar o potencial técnico e econômico de utilização do biogás em processos agroindustriais com cogeração e trigeração em frigoríficos e laticínios; e d) avaliar o efeito econômico das externalidades da digestão anaeróbia na viabilidade da utilização do biogás.

### I.3.2. Biorrefinaria de biomassa vegetal para a produção de energia e alimentos

Linha de Pesquisa: Racionalização do uso de energia em processos agrícolas e fontes renováveis de energia

Responsável: Prof. Marcio Arêdes Martins

#### Descrição

O Brasil se destaca no setor agrícola e florestal com grande disponibilidade de área plantada, sendo esse setor de grande impacto na composição do produto interno bruto do país. Além da produção de alimentos, o Brasil tem grande expertise na produção de biocombustíveis em grande escala, iniciada com a produção de etanol, e incluindo também a produção de biodiesel, pellets, briquetes e carvão vegetal. A viabilidade da produção em grande escala desses insumos energéticos se deve as técnicas de biorrefinaria, por meio da qual toda a biomassa é explorada e valorizada como coprodutos, minimizando a geração de resíduos.

No setor florestal, o Brasil é exemplo mundial na produção do aço verde, em que as florestas plantadas são utilizadas para a produção de bio-redutor (carvão vegetal) para a redução do minério de ferro ao ferro gusa e aço. O carbono emitido na forma de dióxido de carbono durante a produção do carvão e no processo siderúrgico é fixado pela fotossíntese nas florestas plantadas. A viabilidade desse sistema produtivo depende da exploração de terras não adequadas para a produção de alimentos, sendo realizada em regiões de baixa disponibilidade hídrica, além da redução do custo de produção do carvão em nível de fazenda. Nesse sentido, as pesquisas se concentram no desenvolvimento de sistemas de carbonização mais eficientes e com menor geração de resíduos, pelo aproveitamento das frações líquidas (bio-óleo) e gasosas (gás de pirólise), seja na forma de coprodutos ou do reaproveitamento térmico pela queima dessas frações.

A viabilidade da produção de biodiesel também foi alcançada graças ao aproveitamento integral da biomassa. Notavelmente, as duas fontes principais de lipídios utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil são fontes primárias de proteína: a soja e o gado de corte. A soja é fonte de farelo rico em proteína, e o coproduto gerado em sua obtenção é o óleo de soja, que após seu refino é destinado a produção de alimentos e combustíveis. Da mesma forma, o setor de proteína animal destina as gorduras de baixo valor alimentício, como o sebo bovino, para a produção de biodiesel. Assim, a produção de alimentos contribui, e não compete, com o setor de biocombustíveis por terem consonância em suas escalas.

Nesse contexto, outras fontes de biomassa têm sido exploradas para a produção de alimentos biocombustíveis e outros insumos. No entanto, devido ao crescimento da população essas fontes devem apresentar potencial de atendimento a escala característica dos setores de alimentos e biocombustíveis. Assim, pesquisas envolvendo cultivo microalgas têm sido desenvolvidas devido à grande capacidade de produção de biomassa em águas residuárias, salinas e salobras, e em regiões não adequadas para a agricultura convencional. Além da caracterização dessa biomassa como fonte de alimentos e biocombustíveis, o estudo das técnicas de cultivos em grande escala, colheita, armazenamento e processamento de biomassa têm sido estudada em nível de fazenda. Adicionalmente, a produção de microalgas colabora na recuperação de recursos pois atuam com grande potencial da recuperação de cursos hídricos e águas residuárias.

Face ao exposto, o projeto “biorrefinaria de biomassa vegetal para a produção de energia e alimentos” está alinhado ao setor agrícola brasileiro tanto na pesquisa quanto no desenvolvimento tecnológico, contando com fomento de órgãos públicos e da iniciativa privada dos setores de biocombustíveis e siderurgia. O objetivo geral do projeto é avaliar, em laboratório, escala piloto e em unidades demonstrativas, as diversas técnicas de produção e conversão de biomassa como fontes de insumos energéticos e de alimentos. Especificamente, o projeto se desenvolve em duas frentes: engenharia de sistema térmicos e biocombustíveis. Na engenharia de sistemas térmicos, objetiva-se pesquisar e desenvolver tecnologias de sistemas de processamento termoquímico de biomassa vegetal para a produção de carvão para uso siderúrgico, bio-óleo e gás de síntese, assim como o aproveitamento térmico visando racionalizar a energia desses processos. No setor de biocombustíveis, objetiva-se pesquisar e desenvolver sistemas de cultivo de biomassa para fazendas de microalgas visando aumentar a sua produtividade, incluindo também os sistemas de colheita, armazenamento e processamento no contexto de biorrefinaria para a produção de óleo para biodiesel, pigmentos como fonte de antioxidantes para alimentos e combustíveis, e proteínas para alimentação humana e animal. No desenvolvimento de processos agroindustriais e operações unitárias, objetiva-se também utilizar a técnica de dinâmica dos fluidos computacional (CFD) como ferramenta para estudos de concepção, otimização e racionalização de energia de novos processos, visando reduzir o ciclo de desenvolvimento de novas tecnologias.

### I.3.3. Avaliação do uso de fontes renováveis de energia em processos agrícolas

Linha de Pesquisa: Racionalização do Uso de Energia em Processos Agrícolas e Fontes Renováveis de Energia

Responsável: Profa. Natalia dos Santos Renato

#### Descrição

Atualmente, a crescente demanda pela substituição de fontes de combustíveis fósseis para a geração de energia é uma das principais questões de agendas internacionais de políticas públicas. Assim, a inserção de componentes renováveis nas matrizes energéticas e elétricas dos países é uma alternativa interessante para solucionar crises energéticas e problemas ambientais.

Dada a importância estratégica do setor agrícola, o uso de fontes renováveis de energias, como a solar, a eólica e a oriunda da biomassa, representa uma oportunidade promissora com benefícios, como diminuição da dependência do agricultor da energia proveniente da rede e a redução da emissão de gases de efeito estufa.

O objetivo deste projeto é estudar diferentes metodologias para avaliação e proposição de soluções energéticas em diferentes tipos de processos agrícolas e agroindustriais.

Para o cumprimento de tal objetivo serão utilizadas diferentes ferramentas como (i) modelagem matemática visando otimizar e viabilizar o uso de energia renovável para pequenos agricultores e para agroindústria, (ii) análise da viabilidade técnico-econômica do uso de energias alternativas, com diferentes configurações, para o atendimento de demandas da irrigação, (iii) estudos estatísticos para desenvolvimento de modelos de previsão de poder calorífico de biomassa oriunda da atividade agrícola e (iv) avaliação do ciclo de vida de diferentes processos agrícolas, estudando-se os diferentes impactos ambientais e as soluções energéticas sustentáveis, contemplando-se onexo água- energia-alimentos.

## I.4. Projetos de pesquisa da Área de Concentração em Mecanização Agrícola

### I.4.1. Desenvolvimento de sistemas para agricultura de precisão

Linha de Pesquisa: Modelagem, Simulação e Projeto de Máquinas Agrícolas

Responsável: Prof. Daniel Marçal de Queiroz

#### Descrição

A agricultura de precisão é um conjunto de técnicas utilizadas para otimizar o uso de insumos na agricultura com base na análise da variabilidade espacial e temporal do sistema solo-planta-atmosfera. A ideia é fazer melhor uso dos insumos, aumentando a eficiência do sistema de produção e reduzindo o impacto ambiental causado pelas práticas agrícolas. Portanto, a agricultura de precisão é uma importante ferramenta quando se deseja produzir qualquer produto agrícola de forma mais eficiente.

Para se determinar a dosagem ótima de cada insumo é necessário conhecer a variabilidade espacial de muitos atributos associados ao solo e ao desenvolvimento das plantas. É importante conhecer qual ou quais fatores podem limitar a produtividade da cultura, a qualidade do que se produz e qual a melhor forma de tratar esses fatores limitantes. Portanto, para se aplicar a agricultura de precisão é necessário ter um sistema eficiente de monitoramento das condições do solo e das plantas para verificar se estas estão sob algum tipo de estresse que pode afetar a produtividade e a qualidade do produto.

Sensores são importantes dispositivos utilizados na agricultura de precisão. Eles são utilizados, por exemplo, para medir as variáveis necessárias para controlar a dosagem do insumo que está sendo aplicado, para determinar a produtividade da lavoura e para localizar a posição da máquina no campo. Entretanto, a mais importante aplicação dos sensores na agricultura de precisão é quando esses são utilizados para monitorar as condições do solo, das plantas e do clima. A partir das informações geradas por esses sensores é que se determina a dosagem a ser aplicada de cada insumo.

O ponto chave, no monitoramento do sistema solo-planta, é ter um sistema de sensoriamento que seja capaz de detectar as variáveis-chaves do processo de produção. O mapeamento de atributos do solo é importante para que se possa prescrever a dosagem ótima que cada nutriente a ser distribuído na área de cultivo. Durante o ciclo de produção das plantas, é necessário detectar se as plantas estão sob estresse nutricional ou hídrico, ou sob estresse devido a infestação por plantas daninhas, ou se está ocorrendo algum ataque de insetos ou, ainda, se alguma doença está se desenvolvendo. A condição da cultura varia dinamicamente e pode ser diferente a cada dia. O problema é que, em muitos casos, as plantas apresentam sintomas similares para diferentes causas, o que dificulta o processo de detecção de problemas pelos sensores. Os sensores precisam ter uma resolução adequada e a área explorada precisa ser amostrada de acordo com a variabilidade espacial daquilo que está sendo medido.

Os sensores podem ser acoplados a plataformas portáteis ou acoplados a veículos utilizados especificamente para a coleta de dados ou acoplados às máquinas agrícolas, dando origem ao que se chama de sensores proximais. Uma outra opção é ter os sensores acoplados a plataformas aéreas ou orbitais, chamado de sensoriamento remoto.

Seja qual for o sistema de monitoramento utilizado, se por sensores proximais ou por sensoriamento remoto, é necessário se ter um sistema de análise de dados. Esses sistemas transformam os dados coletados pelos sensores em informação útil para a tomada de decisão em agricultura de precisão. Uma das formas de análise é a geração de mapas por interpolação com base em geoestatística, inverso do quadrado da distância ou qualquer outra técnica. Uma vez gerados os mapas, pode-se utilizar técnicas de análise de agrupamento para geração de zonas de manejo. Quando se trata de sistemas de monitoramento por sensoriamento remoto, é necessário processar as imagens obtidas e, com base nelas, obter mapas de índice de vegetação da área. Também, sistemas de análise podem ser desenvolvidos com base em técnicas de inteligência artificial, envolvendo, por exemplo, o treinamento de modelos para realizar diagnósticos com base nos dados coletados pelos sensores.

Uma outra área da agricultura de precisão é a do desenvolvimento de sistemas para aplicação à taxa variada. Os dados coletados do solo e das plantas podem ser transformados em uma informação e, a partir dela, é possível calcular e aplicar a quantidade do insumo demandada pelas plantas. As máquinas que fazem a distribuição dos insumos atendendo a essa demanda localizada são chamadas de máquinas de aplicação à taxa variável. Na medida em que a máquina que distribui o insumo se desloca na área realizando uma operação, ocorrem alterações nos mecanismos dosadores para que ocorra a variação das dosagens de aplicação. Os sistemas de aplicação à taxa variada dependem das características dos insumos que serão aplicados e da área em que o insumo será aplicado. O mercado de máquinas agrícolas disponibiliza uma variada gama de sistemas de aplicação à taxa variada, entretanto, existe uma faixa do mercado que não vem sendo atendida que é a de tecnologias de aplicação à taxa variada para pequenos produtores. Isso, de certa forma, tem limitado a adoção das técnicas de agricultura de precisão por esses produtores.

Diante do exposto, verifica-se um amplo campo de trabalho na agricultura de precisão. Mesmo após 30 anos de pesquisa em agricultura de precisão, muita coisa ainda não foi resolvida. Sistemas mais eficientes para o monitoramento do sistema solo-planta-clima continuam sendo demandados e sistemas de análise com base nos dados coletados por sensores precisam ser aprimorados ou desenvolvidos. Na área de aplicação à taxa variada verifica-se uma necessidade de desenvolvimento de tecnologias para o pequeno produtor.

Dessa forma, o objetivo geral deste projeto de pesquisa é desenvolver sistemas de agricultura de precisão para o monitoramento dos sistemas solo-planta-clima e para aplicação à taxa variada de insumos. Para isso, estão previstos os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver sensores para o monitoramento dos sistemas solo-planta-atmosfera;
- b) Desenvolver sistemas de análises de dados para auxiliar a tomada de decisão na agricultura de precisão;
- c) Desenvolver sistemas de aplicação à taxa variada voltados para a pequena produção.

Para o desenvolvimento de sensores para o monitoramento dos sistemas solo-planta-atmosfera os trabalhos são concentrados no desenvolvimento de sensores para o monitoramento do solo e das plantas. Para isso são utilizados computadores de placa única como o Beaglebone Black. Esse tipo de computador se caracteriza por ter uma boa capacidade de processamento, permitir o interfaceamento com sistemas eletrônicos de medida, e ser de baixo custo. Esse computador é conectado a módulos disponíveis no mercado para auxiliar no desenvolvimento de sistemas de agricultura de precisão, um tipo de módulo que tem sido usado no desenvolvimento

dos sensores são os que captam sinais de Sistemas Globais de Navegação por Satélites para a determinação da posição. O sistema operacional é o Linux o que permite o desenvolvimento de sistemas robustos de análise. Além disso, diferentes sistemas de visualização dos dados coletados têm sido usados, permitindo o desenvolvimento de interfaces gráficas para o usuário. Em suma o que tem sido feito é o desenvolvimento do que se chama de sensores inteligentes, que são sensores que não apenas captam o sinal, mas que fazem o processamento do sinal adquirido facilitando o trabalho posterior do usuário. Para isso, programas de computador em C++ ou em Python têm sido desenvolvidos para fazer a aquisição e processamento dos dados e para apresentação desses dados em uma forma de mais fácil visualização por parte do usuário. Além disso, caso haja conectividade no campo, os dados processados pelo Beaglebone Black têm sido transferidos para servidores nas nuvens e acessados pelos usuários, dando origem ao que está sendo chamado de Agricultura Digital.

Para o desenvolvimento de sistemas de análise de dados, Programas de computador vem sendo desenvolvidos para a análise de dados e geração dos mapas de atributos do solo ou das plantas. Técnicas com base em geoestatística vem sendo utilizadas na geração desses mapas. Uma outra área que vem sendo estudada é o de desenvolvimento de sistemas para análise e prescrição de insumos à taxa variada. Com base em dados coletados por sensores proximais e/ou por sensoriamento remoto, a prescrição de insumos é realizada com base em modelos matemáticos ou com base em modelos desenvolvidos utilizando-se técnicas de inteligência artificial.

Para o desenvolvimento de máquinas de aplicação à taxa variada, máquinas manuais ou de tração manual estão sendo modificadas para aplicação a taxa variada. Para isso, sensores e atuadores, de baixo custo, estão sendo acoplados à computadores de placa única como o Beaglebone Black. Esse computador, programado em linguagem C++ ou em Python, tem gerenciado toda a aplicação à taxa variada. Dessa forma, sistemas de aplicação à taxa variada, de baixo custo, têm sido desenvolvidos.

## I.4.2. Sistemas inteligentes com base em dados para agricultura digital

Linha de pesquisa: Agricultura de Precisão

Responsável: Prof. Domingos Sárvio Magalhães Valente

### Descrição

A Agricultura Digital envolve a utilização de um conjunto de dados obtidos por amostragem direta ou indireta, utilizando sensores dos mais variados tipos. Os dados podem ser coletados no campo de produção utilizando diferentes tipos de plataformas, tais como, aparelho celular, veículos aéreos não-tripulado (VANTS), satélites, máquinas e equipamentos, e mais recentemente, robôs. Além disso, também envolve a utilização de sistemas para coletar, armazenar e analisar grandes quantidades de dados, processos esses que devem ocorrer de forma mais automatizada possível. Assim como na agricultura de precisão, a agricultura digital busca otimizar os processos agrícolas e minimizar os impactos ambientais.

O monitoramento contínuo do sistema solo-planta-clima gera dados que podem ser utilizados para mapeamento de atributos do solo. Os mapas de solo é uma importante ferramenta para recomendação de insumos agrícolas a taxas variadas. Além disso, o mapeamento dos atributos do solo é importante para o manejo e zoneamento da produtividade/qualitativo dos diferentes tipos de culturas e variedades. Ao longo do desenvolvimento das culturas, é necessário o desenvolvimento de sistemas para detecção de plantas daninhas, pragas e doenças, estresse nutricional ou hídrico. Nesse sentido, o monitoramento contínuo ao longo do desenvolvimento das culturas contribui para tomada de decisão no controle das medidas preventivas e corretivas, além de contribuir para geração de modelos para predição da produtividade.

Considerando o elevado volume de dados coletados no sistema solo-planta-clima, dados com elevada variedade, que podem ser estruturados ou não. Dados esses que, com o avanço das plataformas e conectividade no campo, chegam cada vez mais rapidamente ao produtor, o que gera um verdadeiro *BigData*. Diante do exposto, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de sistemas inteligentes para processamento, extração de conhecimento para a correta tomada de decisão. Nesse sentido, os algoritmos de inteligência artificial poderão contribuir para geração de modelos para extração de informações de valor com base nos dados gerados na agricultura digital.

Dessa forma, esse projeto tem como objetivo geral desenvolver sistemas inteligentes com base em dados para agricultura digital.

No presente projeto estão sendo desenvolvidos sistemas inteligentes para solucionar problemas das culturas de café, milho, soja e cana. São utilizadas imagens de satélites, de câmeras multiespectrais acopladas à VANTS, e imagens de celulares. Além das imagens, outras variáveis como altitude, temperatura, umidade do solo, condição hídrica e fertilidade do solo são utilizadas como características de entrada nos algoritmos de inteligência artificial (IA). São desenvolvidos sistemas para monitoramento de pragas e doenças, zoneamento para aplicação de insumos a taxas variadas, e predição da produtividade das culturas. Além disso, especificamente para a cultura do café, também são gerados modelos para estimativa da qualidade de bebida e maturação dos frutos.

Para geração de mais informações sobre o ambiente de produção, são desenvolvidos sensores inteligentes. Esses sensores desenvolvidos são utilizados para determinar a condutividade elétrica aparente do solo e realizar espectrometria proximal do solo e das plantas. Com os dados gerados pelos sensores inteligentes, desenvolve-se algoritmos para otimizar as amostragens diretas

realizadas no campo de produção, reduzir custos com análises laboratoriais, e melhorar a eficiência da caracterização da variabilidade espacial dos atributos do solo e das plantas.

Para atingir os objetivos do projeto, e desenvolver as soluções e produtos para os diferentes problemas da agricultura, são utilizados conceitos já consolidados de IA, como aprendizado supervisionado e não-supervisionado. Dessa forma, para desenvolvimento dos modelos de predição e sensores inteligentes são utilizados algoritmos de *machine learning*, tais como, *Support Vector Machine (SVM)*, *Random Forest (RF)*, *LightGBM*, *XGBoost*, e *deep learning*. Além disso, são utilizados processamento de dados em nuvem com utilizando o sistema *Google Earth Engine*, Sistema de informação Geográfica (SIG) com o software Livre QGIS. Tudo isso, apoiado pela linguagem de programação *Python*.

### I.4.3. Sensoriamento remoto para agricultura digital

Linha de Pesquisa: Agricultura de Precisão

Responsável: Prof<sup>a</sup> Flora Maria de Melo Villar

#### Descrição

A agricultura digital (AD) vem sendo adotada como uma das formas que a humanidade tem para atender de forma sustentável à demanda alimentar, cuja estimativa para 2050 é do dobro da existente em 2010. As técnicas da agricultura digital englobam o uso de diversos sensores de planta, solo e clima, processamento e armazenamento de dados em nuvens, uso de inteligência artificial, automação e robótica, além da conectividade, base desse novo modelo de se fazer agricultura, ou seja, a agricultura digital.

Diversos são os recursos disponíveis para a adoção da AD. Para selecionar a melhor plataforma, o melhor sensor ou a melhor técnica é necessário conhecer o objeto de estudo para a tomada de decisão. Com as ferramentas da AD é possível, por exemplo, realizar o levantamento de pragas e doenças por meio de imagens; criar mapas de fertilidade, de textura do solo, de produtividade, tudo por meio de imagens.

Sensoriamento remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Machine learning, Deep learning, Inteligência artificial, automação, Big Data e IoT são diversas ferramentas que podem ser utilizadas na AD, tanto para coleta de dados quanto para o processamento e tomadas de decisão.

Machine learning ou aprendizado de máquina é uma técnica que tem como base a análise de dados, o aprendizado da máquina (por meio de padrões) e, por fim a tomada de decisão. Essa técnica pode ser utilizada, por exemplo, para estimar produtividade e qualidade da cultura. Alguns modelos utilizados no aprendizado de máquinas são Support Vector Machine (SVM), Decision Tree, Random Forest, Redes Neurais e Regressão linear ou múltipla. Cada modelo tem sua peculiaridade, podendo ser aplicado para conjuntos de dados dos mais simples aos mais complexos, desde pequenos a grande porte, para classificação linear ou não linear. Para selecionar o melhor modelo deve-se conhecer a base de dados e o que se quer obter ao final. Por exemplo, as Redes Neurais Artificiais são utilizadas para tarefas de regressão e classificação. Há também o aprendizado profundo de máquinas (Deep learning), que também utiliza modelos de Redes Neurais. As aplicações das Redes Neurais englobam problemas de estimativa de severidade de doenças, detecção de pragas e doenças, estimativa de produtividade, dentre outras.

Um ponto crítico para a adoção da AD é a coleta de dados. O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para coleta de dados, sendo possível, com essa técnica, estimar biomassa e produtividade de culturas, mapear áreas de estresse hídrico ou nutricional, identificar padrões de plantio e de sistemas de produção agrícola, mapear o desenvolvimento fenológico de culturas, realizar aplicação de insumos a taxa variada, dentre outras. Para a aquisição de dados, são utilizadas plataformas e sensores que captam a radiação eletromagnética (REM) emitida ou refletida pelos alvos terrestres.

As plataformas que carregam os sensores podem ser orbitais (satélites), suborbitais (aviões, VANTs ou helicópteros) ou terrestres (quando os sensores são embarcados a tratores ou quando a coleta de dados é realizada em laboratório).

A REM associada a diferentes alvos pode ser coletada por sensores imageadores (câmeras ou scanners) ou não imageadores (radiômetros ou espectrorradiômetros). Sensores imageadores fornecem imagens multiespectrais ou hiperespectrais do objeto de estudo. Cada tipo de sensor apresenta diferentes resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais, sendo importante fator na escolha do sensor. O sensor deve apresentar resolução adequada para o tamanho da área de estudo, o tipo de alvo, bem como a amostragem deve ser realizada de acordo com a variabilidade espacial do objeto de estudo.

Quando se utiliza imagens de satélite para aplicação na agricultura, um dos principais problemas encontrados é a baixa resolução temporal e espacial. Uma alternativa aos satélites, que vem sendo utilizada na agricultura, é o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), plataformas que apresentam baixo custo de aquisição, se comparadas ao custo de imagens de satélites com boa resolução espacial e temporal. Além disso, as imagens obtidas a partir de VANTs possuem elevada resolução espacial.

Após a coleta dos dados, esses precisam ser transformados em informação útil ao produtor, assim, é necessário analisar e processar os dados. O formato digital dos dados coletados possibilita seu processamento, utilizando-se modelos matemáticos, estatísticos ou probabilísticos. Uma das maneiras de analisar os dados obtidos com o sensoriamento remoto é a geração de mapas por interpolação com base em geoestatística, inverso do quadrado da distância ou qualquer outra técnica. Uma vez gerados os mapas, pode-se utilizar técnicas de análise de agrupamento para geração de zonas de manejo. Quando se trata de sistemas de monitoramento por sensoriamento remoto, é necessário processar as imagens obtidas e, com base nessas imagens, obter mapas de índice de vegetação da área. Sistemas de análise também podem ser desenvolvidos com base em técnicas de inteligência artificial, envolvendo, por exemplo, o treinamento de modelos para realizar diagnósticos com base nos dados coletados pelos sensores.

Diante do exposto, verifica-se uma gama de aplicações do sensoriamento remoto como ferramenta da agricultura digital. Assim, existe a demanda de desenvolver novas tecnologias, ou aprimorar tecnologias já existentes, para estimar a produtividade de culturas, realizar a aplicação de insumos a taxa variada de insumos, mapear áreas com estresse hídrico ou nutricional, estimar severidade de doenças, dentre outras. Além disso, é necessário o aprimoramento de sistemas de análise e processamento de dados. Ferramentas recentemente utilizadas como machine learning, deep learning e inteligência artificial, por exemplo, têm se mostrado promissoras para predições no âmbito agropecuário, como detecção de doenças e plantas daninhas, qualidade da colheita, estimativa de severidade de doenças, classificação e seleção de plantas, estimativa de produtividade, classificação de comportamento animal, dentre outros.

Portanto, este projeto tem por objetivo desenvolver aplicativos, sistemas e sensores que auxiliem o produtor na gestão agropecuária, visando minimizar o impacto ambiental, aumentar o rendimento e melhorar a qualidade do produto.



#### I.4.4. Desenvolvimento de mecanismos e máquinas para agricultura

Linha de Pesquisa: Modelagem, Simulação e Projeto de Máquinas Agrícolas

Responsável: Prof<sup>a</sup>. Flora Maria de Melo Villar

##### Descrição

Os objetivos da mecanização agrícola são aumentar a produtividade do trabalhador agrícola; padronizar as operações agrícolas; diminuir o tempo de realização de cada operação (preparo do solo, plantio, cultivo e colheita). Ou seja, se comparada às atividades realizadas de forma manual, com o advento da mecanização agrícola, tornou-se possível realizar a mesma operação em áreas maiores; reduzir custos de produção; e, não menos importante, tornar o trabalho no campo menos árduo.

A mecanização agrícola é considerada uma das grandes invenções do século XX, e, hoje, tornou-se indispensável para garantir a segurança alimentar. Estima-se que a população mundial deva chegar a 10 bilhões de pessoas em 2050 e, para atender a demanda de alimentos, estima-se que a produção agrícola tenha que duplicar. Porém, para duplicar a produção agrícola alguns desafios devem ser vencidos, pois, existe escassez de recursos, como fontes de energia, água, fertilizantes e até mesmo área para agricultura. Assim, deve-se aumentar a eficiência dos sistemas de produção agrícola para se alcançar a segurança alimentar. E, mais uma vez, a mecanização agrícola terá grande contribuição para o aumento da eficiência dos sistemas de produção agrícola.

Desde o advento da mecanização agrícola, novas tecnologias vêm sendo agregadas às máquinas e aos implementos. Inicialmente, os maiores avanços ocorreram no desenvolvimento de tratores agrícolas que, a princípio, era apenas um substituto da força animal. Com o avanço tecnológico, os tratores passaram a ser máquinas utilizadas para, além da tração, acionamento de máquinas pela tomada de potência, acionamento de máquinas e implementos montados e acionamento de sistemas remotos de controle hidráulicos. Mais recentemente, os tratores passaram a ter componentes adicionais, ou acessórios, que deixaram a máquina tanto mais confortável, ergonômica quanto mais modernas do ponto de vista da agricultura (sistemas de piloto automático, e GPS, por exemplo).

O que se observa no setor de desenvolvimento de máquinas agrícolas é que, empresas multinacionais renomadas, que possuem um nicho específico de consumidores, geralmente grandes produtores, de grandes culturas e de regiões específicas (geralmente regiões de relevo não acidentado) possuem seus grupos de engenheiros e projetistas focados no desenvolvimento, ou melhorias, de máquinas e implementos agrícolas que atendam a esse nicho.

De uma maneira geral, os pequenos produtores são atendidos por indústrias de pequeno porte. Nesses fabricantes de máquinas, o processo de desenvolvimento de máquinas para o setor agrícola é realizado de maneira informal e com inexistência do planejamento do produto, ou seja, as máquinas são, em sua maioria, desenvolvidas no processo de “tentativa e erro”.

Existe a demanda de adaptar ou projetar máquinas para novas culturas, como a macaúba, cultura promissora para a produção de biocombustíveis e outros produtos de maior valor agregado. Existem máquinas para a colheita de café, porém, para regiões montanhosas ainda não existe uma solução. Pequenos produtores de café sofrem com a escassez de mão-de obra no campo para a

colheita do fruto em regiões montanhosas, e necessitam de novas tecnologias que atendam essa demanda. Outro conceito já estabelecido é o de fazenda de microalgas. O Brasil possui enorme potencial para o cultivo de microalgas, tanto para produção de biocombustíveis quanto para produção de cosméticos, alimentos etc., mas ainda não possui tecnologia relacionada aos sistemas de cultivo desse produto.

Esses são apenas alguns exemplos, mas, o que de fato é importante se atentar, é o processo pelo qual o desenvolvimento de uma máquina deve passar até chegar a um produto. Muitas das vezes é preciso, primeiro, determinar propriedades físicas, mecânicas e/ou modais do material a ser manuseado pela máquina. Quando esses dados já são conhecidos, o engenheiro/pesquisador pode focar no projeto da máquina. Em geral, adota-se quatro etapas: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Essas quatro etapas de projeto são iterativas e demandam conhecimento técnico e científico (modelagens, simulações) do engenheiro/pesquisador. Só após finalizadas as quatro etapas do projeto o produto estará pronto para ser fabricado.

Diante do exposto, este projeto tem como objetivo desenvolver máquinas agrícolas para pequenos produtores; e desenvolver máquinas para novas culturas e para culturas já estabelecidas, mas que não possuam soluções para pequenos produtores ou para regiões montanhosas.

#### I.4.5. Processamento e análise de imagens aplicados à agricultura

Linha de Pesquisa: Agricultura de Precisão

Responsável: Prof. Francisco de Assis de Carvalho Pinto

##### Descrição

Quando a agricultura de precisão é aplicada na sua plenitude, fertilizantes, corretivos e pesticidas são aplicados usando dosagens variáveis. Para determinar a dosagem ótima de cada insumo é necessário conhecer a variabilidade espacial de muitos atributos associados ao solo e ao desenvolvimento das plantas. É importante conhecer qual ou quais fatores podem limitar a produtividade e qualidade da cultura e qual a melhor forma de tratar esses fatores limitantes. Portanto, para se aplicar a agricultura de precisão é necessário ter um sistema eficiente de monitoramento para detectar se as plantas estão sob algum tipo de estresse que pode afetar a produtividade e a qualidade do produto.

No contexto de monitoramento das culturas, o sensoriamento remoto, o sensoriamento proximal e sistemas de visão artificial se destacam como ferramentas de maior potencial de uso devido a possibilidade de amostragem não destrutiva e de se poder amostrar toda a área de interesse em uma taxa intensiva, limitada apenas pela resolução espacial do sistema. No sensoriamento remoto, o advento dos veículos aéreos não tripulados (VANTs), as limitações da resolução temporal e do custo de uma alta resolução espacial vem sendo superadas. No sensoriamento proximal, muito ainda se tem que fazer para o uso de sensores a nível de campo, com inteligência embarcada, se torne uma realidade, aproveitando todo o potencial que as pesquisas vêm apontando. Muitas questões ainda devem ser respondidas para que essas tecnologias possam ser utilizadas para um monitoramento temporal da lavoura, onde, por exemplo, a calibração radiométrica tem um papel primordial na geração de informações ao longo do tempo.

Dessa forma, o presente projeto tem como objetivo geral desenvolver sistemas e metodologias que usam imagens digitais multiespectrais dentro do contexto da agricultura de precisão. Para isso, os seguintes objetivos específicos deverão ser atingidos: desenvolver sistemas e metodologias para agricultura com base no Sensoriamento Remoto; desenvolver sistemas e metodologias para agricultura com base no Sensoriamento Proximal; desenvolvimento de sistemas de Visão Artificial.

Desenvolver sistemas e metodologias para agricultura com base no Sensoriamento Remoto

Para atingir este objetivo, os trabalhos são concentrados no desenvolvimento de ferramentas de sensoriamento remoto que utilizam imagens multiespectrais orbitais e suborbitais para monitoramento de diferentes culturas agrícolas: café, pastagens, milho, feijão e soja. As plataformas orbitais utilizadas: Landsat e Sentinel. As plataformas suborbitais utilizadas: veículo aéreo não tripulado com câmeras de 3 e 5 bandas. Diagnóstico de pragas, estimativa de produtividade, definição de zonas de manejo e caracterização nutricional têm sido o enfoque principal destas pesquisas.

## Desenvolver sistemas e metodologias para agricultura com base no Sensoriamento Proximal

Para atingir este objetivo, os trabalhos são concentrados no desenvolvimento de ferramentas de sensoriamento proximal que utilizam imagens e sensores óticos multiespectrais e espectrometria para monitoramento de diferentes culturas agrícolas: café, pastagens, milho, feijão e soja. São utilizadas câmeras de 3 e 5 bandas espectrais, câmeras coloridas, smartphones, espectrorradiômetro. Diagnóstico de pragas e caracterização nutricional têm sido o enfoque principal destas pesquisas.

## Desenvolver de sistemas de Visão Artificial

Para atingir este objetivo, os trabalhos são concentrados no desenvolvimento de sistemas de visão artificial, onde, além do processamento, a análise da imagem é de suma importância para que o sistema tenha “inteligência”. Os dados são oriundos de diferentes sensores (câmeras portáteis, smartphones, scanner de mesa e espectrorradiômetro). Diagnóstico de pragas, caracterização nutricional e classificação de produtos agrícolas têm sido o enfoque principal destas pesquisas.

#### I.4.6. Desenvolvimento e avaliação de sistemas de mecanizados para a produção agrícola e florestal

Linha de Pesquisa: Máquinas Agrícolas

Responsável: Prof. Haroldo Carlos Fernandes

##### Descrição

A mecanização agrícola e florestal torna-se a cada dia que passa mais importante para resolver o problema da escassez de mão-de-obra no campo. Como um menor contingente de mão-de-obra, a saída é o aumento da produtividade do trabalhador e isso é possível com a adoção de sistemas mecanizados. Esses sistemas mecanizados vêm sendo aprimorados ao longo do tempo visando melhorar a qualidade das operações realizadas, permitindo se produzir mais utilizando menos recursos, e visando dar melhores condições de trabalho, buscando um maior conforto e maior segurança para quem trabalha no campo.

O cultivo convencional durante anos desempenhou um papel importante na evolução da agricultura, possibilitando alto rendimento das lavouras e redução da competição com plantas daninhas. Contudo, a utilização do sistema convencional se mostra insustentável devido aos problemas relacionados ao uso dessa técnica, como ruptura excessiva do solo, aumento da erosão, redução da eficiência dos recursos hídricos, elevadas taxas de combustíveis fósseis e insumos energéticos.

Por isso, práticas agrícolas conservacionistas têm sido empregadas em todo o mundo, principalmente, por diminuir o impacto das operações agrícolas sobre os recursos naturais e, ainda, conseguir otimizar a produtividade. A redução das práticas de plantio convencional e a aplicação de sistema conservacionistas, estão atreladas ao desenvolvimento e a introdução de fitossanitários mais eficientes para o controle de pragas e doenças em geral.

No Brasil, a abordagem conservacionista amplamente adotada nas lavouras do país é o sistema de plantio direto, considerado um sistema com capacidade de melhorar a sustentabilidade do meio ambiente e desenvolvimento agrícola. O plantio direto pode ser definido como a atividade de semeadura ou cultivo com mínimo preparo físico do solo, mantendo na superfície do solo os restos da cultura anterior. As novas premissas impostas pela prática do plantio direto instituíram a necessidade da concepção de novas tecnologias e máquinas específicas que fossem adequadas, especialmente, para o processo de semeadura.

As operações de semeadura exigem a utilização de um conjunto trator-semeadora, o que pode expor os operadores a níveis de vibrações inadequados, visto que, a frequência de partes do corpo humano como o tronco (4 a 8 Hz) acaba sendo semelhante a valores de frequência de operação do trator (1 – 7 Hz) promovendo, assim, o efeito de ressonância sobre o corpo humano. Ressonância é um fenômeno físico que ocorre quando os valores de frequência natural de vibração de um determinado sistema são coincidentes as frequências de excitação impostas, provocando o aumento das amplitudes de vibração.

Os valores de vibrações mecânicas são influenciados por aspectos vinculados ao funcionamento do trator acoplado ao implemento agrícola e, pela rugosidade e uniformidade da superfície de operação. No Brasil, recomendações preventivas e aspectos relacionados à insalubridade de atividades e operações com exposição ocupacional diária a vibração de corpo inteiro estão previstos na Norma Regulamentadora (NR) nº 15. No entanto, a NR 15 não se refere a

valores de exposição à vibração, a base teórica para a tolerância é definida por normas internacionais ISO 2631 que definem níveis de ação e limites de exposição a vibrações do corpo inteiro e a ISO 5349 que estabelece níveis para exposição de vibrações em mãos e braços.

Modelos práticos para verificação de níveis de vibração, normalmente, utilizam transdutores de aceleração próprios para medição de vibração nos três eixos X, Y e Z, e posteriormente, é realizado a combinação dos valores encontrados em um único vetor de aceleração, conforme ISO 2631.

Diversos autores investigaram as características de vibração de um trator e verificaram a partir dos resultados práticos se as equações formuladas com base no modelo matemático proposto eram adequadas para descrever o sistema. Foram desenvolvidos e avaliados modelos de vibração de tratores a fim de prever vibrações induzidas pela irregularidade do terreno transmitidas a base do assento do operador, possibilitando, desta forma, a utilização do modelo para simular testes necessários para projetos de sistema de suspensão para assentos. mobilização do solo.

Portanto, considerando que na operação de plantio direto existem diversas variáveis que influenciam diretamente nos valores de vibração que, por consequência, podem alterar os níveis de exposição dos operados a vibração, faz-se necessário um estudo mais específico sobre o assunto e que possibilite a utilização de simulações computacionais posteriores para avaliações em diferentes condições de ambiente.

Um dos objetivos do projeto é avaliar e simular os níveis de vibração de um conjunto trator- semeadora-adubadora trabalhando em regime de plantio direto, considerando a influência de velocidades operacionais e pressões internas dos pneus. Especificamente, busca-se: a) caracterizar os parâmetros geométricos, físicos e mecânicos de solo e do conjunto trator semeadora-adubadora em regime de plantio direto; b) determinar e avaliar a influência da variação dos valores de velocidade operacional e pressão interna dos pneus nos valores obtidos de vibração durante a semeadura em regime de plantio direto; c) determinar os valores de transmissibilidade de vibração entre os eixos traseiros e dianteiros do trator e o assento; d) modelar e simular o conjunto trator semeadora-adubadora a fim de entender a magnitude da vibração; f) avaliar se os níveis de vibração encontrados para o assento encontram-se em conformidade com a Norma técnica ISO 2631.

Na área florestal, os trabalhos desenvolvidos no âmbito desse projeto têm estado voltados para análise de máquinas nas operações de colheita. Os trabalhos visam a melhoria de desempenho das máquinas e o estudo envolvendo o conforto e a segurança por parte dos operadores dessas máquinas.

#### I.4.7. Desempenho de máquinas agrícolas e qualidade das operações mecanizadas

Linha de pesquisa: Máquinas Agrícolas

Responsável: Prof. Marconi Ribeiro Furtado Júnior

##### Descrição

A introdução e a adequação de máquinas ao processo de produção agropecuário são de fundamental importância para a melhoria da qualidade e do rendimento das etapas produtivas. O mercado de equipamentos agrícolas conta com uma grande variedade de itens que visam atender as diversas demandas do setor, o que leva a uma preocupação acerca da qualidade geral desses produtos. A qualidade geral de um equipamento pode ser medida por meio de ensaios específicos com a finalidade de verificar se a máquina realiza de modo satisfatório a sua função.

O objetivo do projeto de pesquisa é a realização de ensaios e avaliações em máquinas agrícolas visando o levantamento de informações sobre seu desempenho energético e operacional, gerando banco de dados e publicações científicas para subsidiar trabalhos futuros, além de fornecer informações para orientar os usuários diretos dos produtos.

Para a realização das avaliações de desempenho, normas e padrões com ampla aceitação nacional e internacional são utilizados, além de metodologias ajustadas para atender situações mais específicas e não contempladas pela documentação existente. São utilizados sistemas sensores para monitoramento dos parâmetros de interesse e a aquisição dos dados realizada por sistemas eletrônicos que permitem explorar melhor as informações obtidas. Conforme a necessidade de adaptação, também podem ser desenvolvidos sistemas eletrônicos mais específicos para sensoriamento. Os dados obtidos na experimentação são convertidos em índices de desempenho para caracterizar a qualidade de tratores, colhedoras e demais máquinas agrícolas no desenvolvimento de suas funções. Os índices de desempenho podem ser submetidos a testes de controle de qualidade e de capacidade global do processo, gerando informações para orientar modificações na concepção do projeto das máquinas e/ou no modo operacional desses equipamentos.

#### I.4.8. Tecnologias para aplicação de defensivos agrícolas

Linha de pesquisa: Engenharia e Aplicação de Defensivos Agrícolas

Responsável: Marconi Ribeiro Furtado Júnior

##### Descrição

A produção agrícola moderna utiliza de vários insumos para garantir a sanidade e a produtividade de culturas que atendem à demanda da humanidade por alimento, fibras e energia. Os defensivos são fundamentais para reduzir a níveis adequados a infestação das culturas por pragas, doenças e plantas daninhas, provendo melhor qualidade e maior quantidade dos produtos agrícolas. A aplicação de defensivos deve ser realizada de forma criteriosa para garantir a eficiência do processo e minimizar os potenciais danos à saúde e ao meio ambiente, o que torna relevante o desenvolvimento de estudos sobre as técnicas de aplicação.

O objetivo do projeto de pesquisa é o desenvolvimento estudos holísticos sobre a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, visando à identificação de problemas relacionados ao uso desses produtos e buscando as soluções adequadas para garantir um emprego eficiente e eficaz dos produtos aplicados nas lavouras.

São realizados estudos sobre o espectro de gotas produzido por dispositivos atomizadores, utilizando analisadores de partículas a laser para identificar a homogeneidade e a qualidade do espectro. São conduzidos trabalhos para identificar a dinâmica do espectro de gotas na atmosfera, criando parâmetros para caracterizar o alcance adequado das gotas no alvo planejado para as aplicações, tornando-as mais eficientes e eficazes, além da busca por técnicas que reduzam a deriva e a evaporação das gotas. A natureza dos produtos aplicados, de forma isolada ou em associações com outras substâncias, também é analisada em razão da importância que as características físico-químicas apresentam no contexto da aplicação. Os equipamentos utilizados para aplicação também são abordados no contexto do projeto, abrindo segmentos avaliação de plataformas terrestres e aéreas empregadas na distribuição dos produtos. Sob o prisma mais tecnológico, estudos com drones, robôs e plataformas controladas remotamente são também conduzidos para mensuração da viabilidade técnica, econômica e comercial.

#### I.4.9. Desenvolvimento de máquinas para a colheita de café em áreas de montanha

Linha de pesquisa: Máquinas Agrícolas

Responsável: Prof. Mauri Martins Teixeira

##### Descrição

O estado de Minas Gerais ocupa lugar de destaque na produção de café arábica, sendo responsável por, aproximadamente, 69% da safra brasileira, tendo como uma das principais regiões produtoras a “Região da Zona da Mata”. Esta região apresenta topografia montanhosa, com altitudes que variam de 600 a 1200 metros, apresentando temperaturas mais amenas, favorecendo a produção de cafés de qualidade.

A colheita de café pode ocorrer de forma manual, semimecanizada ou mecanizada. A colheita dos frutos do café está dividida em seis operações: arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte.

A colheita de café na região de montanha é feita, atualmente, de forma manual e semimecanizada, por meio de derriçadoras portáteis. Análises já realizadas sobre o processo de derriça mecânico constataram o elevado rendimento no trabalho da colheita com o uso desses equipamentos. No Sul de Minas Gerais, a derriça sobre o chão ou panos é bastante utilizada, principalmente em pequenas e médias propriedades.

A derriça sobre pano consiste na utilização de um lençol por baixo da planta de café, evitando que os frutos tenham contato com a terra e com frutos caídos. A abanação é importante pois possibilita uma melhor separação de ramos e folhas, e ainda, simplifica as operações de transporte e lavagem. Tudo isso contribui para a melhoria da qualidade do produto.

Contudo a prática da “derriça no pano” possui um baixo rendimento resultando em elevado custo de produção. Outro agravante são as condições que os trabalhadores estão submetidos, sendo um trabalho árduo e desconfortável. Pesquisas já realizadas demonstraram que a colheita de café é a subtarefa que apresenta maior repertório de combinações posturais. Esta grande variabilidade de repertório postural é decorrente, tanto da distribuição dos frutos por toda a planta, com implicação direta nas posturas adotadas na colheita, como na variabilidade de ações operacionais nesta subtarefa.

Uma enorme dificuldade na colheita de café é a escassez de mão de obra. Com isso, há uma grande demanda de trabalhadores para colheita que eleva os custos de produção. A pouca oferta de mão de obra contribui para o aumento do tempo de colheita. Este excesso de tempo gasto na colheita faz com que os frutos percam qualidade, levando a uma queda no preço de mercado do produto.

As pesquisas desenvolvidas no âmbito desse projeto visam desenvolver máquinas para a derriça e o recolhimento do café para regiões montanhosas. Para isso, técnicas de modelagem que visam construir um modelo virtual da máquina estudada são utilizadas. Dependendo a máquina em desenvolvimento utilizam-se técnicas de análise envolvendo simulação de sistemas mecânicos e análise por elementos finitos. Protótipos das máquinas são construídos utilizando a estrutura da Área de Mecanização Agrícola. Testes de campo são realizados para avaliar o desempenho do protótipo. Os trabalhos realizados no âmbito desse projeto já resultaram em cinco pedidos de patentes.



#### I.4.10. Desenvolvimento e análise de sistemas de aplicação de defensivos

Linha de pesquisa: Engenharia de Aplicação de Defensivos Agrícolas

Responsável: Prof. Mauri Martins Teixeira

##### Descrição

A crescente demanda pela produção de alimentos tem feito com que pesquisadores e empresas busquem o desenvolvimento de tecnologias para aumentar a produtividade dos sistemas de produção agrícola. Nesse sentido, a utilização de defensivos agrícolas tem trazido uma importante contribuição pois permitem reduzir o estresse produzidos por pragas e doenças antes que essas venham causar perda de produtividade. Para que os defensivos tenham eficiência no combate a pragas e doenças é importante se ter máquinas e sistemas de aplicação que distribuam de forma uniforme e com o mínimo de perdas o produto a ser aplicado. Os sistemas de aplicação defensivos têm evoluído muito, máquinas de aplicação autopropelidas, aplicadores utilizando veículos aéreos não tripulados e sistemas de aplicação à taxa variada de defensivos são exemplos dessa evolução. Entretanto, devido à grande variabilidade das condições de cultivo e ao grande número de variáveis que afetam o desempenho dos sistemas de aplicação muito ainda precisa ser desenvolvido.

As pesquisas desenvolvidas nesse projeto de pesquisa visam desenvolver e avaliar os sistemas de aplicação de defensivos agrícolas buscando aumentar o desempenho operacional. Os trabalhos realizados têm envolvido a automatização de pulverizadores pneumáticos e hidropneumáticos, a avaliação de pontas de pulverização, desenvolvimento de sistemas eletrônicos para monitoramento e controle da pulverização, análise das perdas de defensivos por evaporação e por deriva, dentre outros.

## I.5. Projetos de pesquisa da Área de Concentração em Recursos Hídricos e Ambientais

### I.5.1. Qualidade ambiental pelo tratamento de resíduos e recuperação de recursos

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental, Tratamento de Resíduos e Recuperação de Recursos  
Responsável: Prof. André Pereira Rosa

#### Descrição

As ações humanas, atividades industriais e agrícolas são responsáveis pela geração de resíduos e efluentes; alternativas devem ser propostas com o intuito de garantir a proteção ambiental e qualidade de vida da população, muitas vezes expostas às mais diversas fontes de poluição.

Para tanto, o emprego de alternativas tecnológicas de baixo custo e simplicidade operacional que atendam aos conceitos de economia circular e recuperação de recursos são de extrema importância. A digestão anaeróbia figura como uma via de tratamento de resíduos que atende a estas premissas, sendo indicada como forma de tratamento de resíduos no meio rural e ambientes agrícolas. Os principais subprodutos do tratamento anaeróbio são o biogás, lodo, espuma e digestato, os quais quando recuperados de forma adequada podem trazer benefícios ambientais e financeiros, assim como promover a recuperação ambiental pela redução da disposição de poluentes nos cursos d'água e no solo.

Para o desenvolvimento de estudos aplicados com este escopo, são propostas pesquisas a serem desenvolvidas de forma isolada ou conjunta nas seguintes temáticas:

- (i) Estudos sobre qualidade da água: impactos ambientais do lançamento de águas residuárias em cursos d'água e aspectos associados ao uso e ocupação do solo;
- (ii) Digestão anaeróbia de resíduos e recuperação de energia: aprimoramento operacional de reatores anaeróbios tratando águas residuárias, desenvolvimento de modelos matemáticos para estimar a produção e energia contida nos subprodutos do tratamento anaeróbio e recuperação de recursos;
- (iii) Tratamento de águas residuárias por sistemas simplificados e descentralizados: estudos sobre alternativas tecnológicas simplificadas no meio rural e ambientes agrícolas.

## I.5.2. Tecnologias verdes para o tratamento de águas e resíduos

Linha de Pesquisa: Qualidade Ambiental, Tratamento de Resíduos e Recuperação de Recursos  
Responsável: Prof. Alisson Carraro Borges

### Descrição

As ações de saneamento, como tratamento de água e resíduos, promovem a melhoria da qualidade de vida de uma maneira geral, refletindo positivamente na saúde pública com diminuição de problemas advindos de doenças relacionadas à sanidade do meio. De maneira indireta, o tratamento de água e resíduos contribui para a manutenção de um ambiente sadio, com bom uso dos recursos naturais. A agricultura, especificamente, demanda por água e solo em condições apropriadas para a produção de alimentos para uma população crescente, que também demanda por mais energia quando comparada às gerações anteriores.

O setor de saneamento no Brasil ainda carece de expressivos avanços, principalmente no em relação ao tratamento de esgotos. A ausência ou ineficiência de saneamento causa perdas econômicas e ambientais. A necessidade de tecnologias que se mostrem sustentáveis é prioritária, quando avaliados não só a eficiência de tratamento de água ou resíduos, mas também quando considerados os subprodutos e a demanda energética das opções existentes. Tais tecnologias têm sido referidas na literatura como sistemas de “saneamento focado em recursos”, “saneamento sustentável” ou “saneamento ecológico”.

Face ao exposto, o estudo da viabilidade de uso das chamadas “tecnologias verdes” no saneamento é tópico importante. No escopo deste projeto serão estudadas tecnologias que utilizem de plantas para tratamento de águas e resíduos com possível recuperação de recursos energéticos (biogás) ou fertilizantes (nitrogênio e fósforo). O objetivo geral do projeto é avaliar, em laboratório e em campo, o desempenho destas espécies vegetais na remediação de águas e no tratamento de resíduos.

Para o cumprimento do objetivo estabelecido, serão estudadas, isolada ou conjuntamente, as seguintes tecnologias:

- (i) Fitorremediação de águas contaminadas, com uso de espécies vegetais hiperacumuladoras de poluentes/nutrientes. Serão realizados testes estáticos em bateladas para otimização do processo e experimentos de campo, com *scale up* de protótipos de tanques de evapotranspiração e *wetlands* construídas, sistemas que usam a fitorremediação para o tratamento de águas e resíduos.
- (ii) Coagulação/floculação para tratamento de águas e resíduos, com uso de auxiliares de coagulação extraídos de espécies vegetais e de resíduos da agricultura e agroindústria. Serão realizados estudos com uso de métodos de superfície de resposta para obtenção da melhor dosagem dos auxiliares, quando consideradas as variáveis resposta desempenho e custo.
- (iii) Digestão anaeróbia para recuperação de energia advinda da biomassa excedente (lodo de excesso ou parte aérea das plantas) produzida nas tecnologias supracitadas.
- (iv) Aproveitamento agrícola dos nutrientes extraídos dos resíduos tratados com o uso das tecnologias de fitorremediação e coagulação/floculação. Serão realizados experimentos para avaliação agrônômica do potencial nutritivo e da toxicidade do lodo da coagulação/floculação e da biomassa oriunda da fitorremediação.

### I.5.3. Irrigação de precisão no manejo de culturas agrícolas

Linha de Pesquisa: Manejo de Água/Planta na Agricultura Irrigada

Responsável: Profa. Catariny Cabral Aleman

#### Descrição

A demanda hídrica não suprida pela irregularidade da chuva na produção agrícola pode ser suplementada com o uso da irrigação. Com a utilização dessa técnica é possível atingir maiores produtividades e manter a periodicidade de cultivo ao minimizar o estresse potencial causado pela falta de água. O abastecimento limitado da água exige inovações destinadas ao seu manejo responsável, otimizando o uso deste recurso na agricultura irrigada com a aplicação correta da lâmina de irrigação.

A Irrigação de Precisão, Irrigação Digital ou Irrigação 4.0 tem por objetivo fornecer com exatidão a água necessária para o bom desenvolvimento da cultura em tempo hábil e com a maior uniformidade espacial possível. Várias são as ferramentas disponíveis para otimizar a aplicação da lâmina de irrigação, atendendo a variabilidade das áreas agrícolas e demanda das culturas. Entre elas destacam-se as medições em tempo real do solo e clima, e os modelos para previsão da quantidade de água a ser aplicada na cultura.

O desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão de irrigação inteligente, para substituir os modelos manuais e auxiliar agrônomos especialistas, vem sendo estudados para o manejo eficiente com a disponibilização de informações precisas sobre as necessidades de água da cultura. A utilização de sensoriamento remoto na agricultura irrigada é uma alternativa para avaliar as condições hídricas das culturas e estimar a demanda hídrica. Imagens orbitais, aéreas ou proximais facilitam a espacialização de áreas agrícolas com tamanhos variados e auxiliam na tomada de decisão a partir do processamento das informações captadas pelos sensores.

A utilização de imagens aéreas para o monitoramento da irrigação no campo, seja por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) com sensores especializados ou pela análise de dados, oriundas de satélites, permitem o monitorar contínuo da necessidade da cultura. Os VANTs possuem a praticidade por permitirem a obtenção de imagens diárias e maior resolução espacial. É possível determinar índices de vegetação (IV), pela refletância do dossel em diferentes comprimentos de onda eletromagnética. Assim, pode-se estimar o coeficiente de cultivo ( $K_c$  e  $K_{cb}$ ) utilizando as variáveis biofísicas da cultura, as equações que relacionam o alvo e a fração de cobertura do solo e os valores obtidos do índice de vegetação.

As pesquisas desenvolvidas no âmbito desse projeto de pesquisa têm os seguintes objetivos:

- (i) Desenvolver um modelo de aprendizado de máquina para predição da lâmina de água a ser aplicada em culturas agrícolas.
- (ii) Avaliar o desempenho do sensoriamento remoto aéreo na estimação do  $k_c$  da cultura.
- (iii) Avaliar o comportamento espectral de culturas agrícolas por meio de sensores multiespectrais para determinar índices de vegetação.
- (iv) Gerar modelos que englobem variáveis edafoclimáticas e índices de vegetação para prever a condição hídrica das culturas.

#### I.5.4. Modelagem temporal e espacial da qualidade e quantidade da água em bacias hidrográficas utilizando sensoriamento remoto orbital e aprendizado de máquina

Linha de Pesquisa: Planejamento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos

Responsável: Prof. Demetrius David da Silva

##### Descrição

Entender a dinâmica da produção, transporte e deposição de sedimentos, assim como o regime de variação de vazões dos cursos de água, é de interesse estratégico em diversas áreas do conhecimento, pois a concentração de sedimentos em corpos hídricos é a principal causa de problemas relacionados com a qualidade da água, assoreamento de rios e reservatórios e, também, com enchentes e inundações em áreas urbanas e rurais. No entanto, a obtenção em campo de dados quali-quantitativos é bastante trabalhosa e onerosa, o que dificulta o estabelecimento de uma base de dados detalhada e contínua.

Desta forma, o objetivo deste projeto de pesquisa é modelar o fluxo temporal e espacial de sedimentos e o regime de variação de vazões em nível de bacias hidrográficas utilizando sensoriamento remoto orbital e modelos de aprendizado de máquina, identificando ainda os principais fatores que influenciam no aporte e ressuspensão de sedimentos na calha dos rios.

A modelagem da concentração superficial de sedimentos vem sendo realizada com base em duas metodologias distintas. A primeira aborda a utilização de sensoriamento remoto, em que são empregados os sensores da constelação Sentinel 2, MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) e OLI (Operational Land Imager)/Landsat 8 para os períodos seco e chuvoso. A análise é feita com base na relação entre a refletância estimada pelo satélite e aquela medida em campo pelo projeto de Monitoramento Hidrológico por Satélite (HidroSat). A segunda metodologia aborda a aplicação de modelos baseados em aprendizado de máquina para a predição da concentração superficial de sedimentos a partir de informações de vazão fluvial, precipitação, uso e cobertura da terra, geologia, pedologia e declividade. Está ir a auxiliar no entendimento dos principais fatores que têm influenciado no aporte de sedimentos em bacias hidrográficas. Também tem sido utilizado o critério de Shields para verificar a velocidade de escoamento superficial que resulta na ressuspensão dos sedimentos depositados nas calhas dos rios, visando estabelecer uma relação entre o volume precipitado e aumento da velocidade fluvial, a qual poderá servir de alerta para as estações de tratamento de água ao longo da calha dos rios de diversas bacias hidrográficas brasileiras.

A modelagem quantitativa visando a identificação do regime de variação de vazão dos cursos de água em nível de bacia hidrográfica, assim como a disponibilização de séries históricas de dados fluviométricos contínuas e confiáveis objetivando a utilização em diversos estudos hidrológicos, como outorga de uso de água, regularização de vazões, estimativas de eventos extremos máximos para fins de dimensionamento de obras hidráulicas, dentre outros, usa como base os modelos de aprendizado de máquina, que contribuem com o desenvolvimento de estratégias que permitam minimizar as limitações associadas ao processo de medição de vazão em estações fluviométricas convencionais, principalmente daquelas localizadas a jusante de reservatórios e, conseqüentemente, sob influência do regime de operação dos mesmos.

A utilização das técnicas de aprendizado de máquina representa uma ferramenta em potencial para compreensão das alterações provocadas no regime de vazões de uma bacia hidrográfica avaliando, de maneira mais confiável, a existência de tendências no seu

comportamento, o que contribui para a minimização dos impactos negativos nas bacias hidrográficas.

### I.5.5. Consumo hídrico em cultivos agrícolas utilizando diferentes técnicas de manejo

Linha de Pesquisa: Manejo de Água/Planta na Agricultura Irrigada  
Responsável: Prof. Fernando França da Cunha

#### Descrição

Tecnologias que visam a redução do consumo hídrico nos cultivos agrícolas devem ser constantemente criadas e aprimoradas. Atualmente existem diferentes técnicas que podem ser utilizadas de formas isoladas e/ou combinadas, merecendo destaque a (i) utilização de cobertura do solo; (ii) secamento parcial do sistema radicular e (iii) estômato aberto. Nos cultivos que recebem estas técnicas, as avaliações do consumo hídrico e do desempenho das plantas são necessárias. Além disso, os coeficientes técnicos devem ser obtidos para serem recomendados aos agricultores.

Diante do exposto, as pesquisas desenvolvidas nesse projeto têm por objetivo avaliar o consumo hídrico de culturas agrícolas conduzidas em diferentes manejos e determinar os coeficientes técnicos para gestão da irrigação. São estudadas diferentes culturas agrícolas, divididas em três grupos: (i) olerícolas (abobrinha italiana, alface, batata, cenoura, couve folha, morango, pimentão, rabanete e rúcula), (ii) grãos (feijão e milho) e (iii) fruteiras (mamão e physalis). No manejo utilizando cobertura do solo, o material será o papel reciclado, por ser biodegradável e não poluir o ambiente. Este estudo será conduzido na Estação Lisimétrica do DEA-UFV. As irrigações e medições de drenagem serão feitas diariamente para cálculo da evapotranspiração diária da cultura. Com os valores de evapotranspiração da cultura e de referência, obtida nos lisímetros que são ocupados com grama, são obtidos os valores de coeficiente de cultura ( $K_c$ ). O índice de vegetação NDVI é obtido por meio de um sensor GreenSeeker e, posteriormente, é utilizado para modelagem do  $K_{cNDVI}$ . No manejo utilizando o secamento parcial do sistema radicular, os tratamentos são constituídos na percentagem de redução de 50 e 35% da lâmina bruta (LB) com frequências de alternância do lado irrigado de 0, 7, 14 e 21 dias. No manejo por estômato aberto, são avaliados quatro regimes de irrigação, ou seja, com turnos de rega de 1, 3, 5, e 7 dias. Nestes experimentos, o manejo da irrigação é realizado via solo, utilizando um medidor eletrônico de umidade (HidroFarm). As correções químicas do solo, o controle de plantas daninhas, pragas e doenças são realizados conforme a literatura. Além do consumo hídrico, são avaliados os parâmetros de crescimento, fisiológicos e produtivos das culturas agrícolas. Os dados serão submetidos ao teste F da análise de variância. Posteriormente será feita a comparação de médias pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. Para os fatores quantitativos, são testados modelos lineares e quadráticos. A seleção do modelo é feita com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 0,05 de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no fenômeno biológico.

Nos trabalhos de manejo de irrigação, a evapotranspiração de uma superfície vegetada (ET) é um parâmetro fundamental para realizar o manejo da irrigação via clima. A ET pode ser obtida por meio da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). A metodologia de Penman-Monteith (PM), devido ao seu bom desempenho em diversas condições climáticas, é considerada padrão para estimativa da ET<sub>o</sub>. No entanto, por requerer vários dados meteorológicos, a sua aplicação é limitada. Assim, metodologias que requerem menor número de variáveis meteorológicas, podem ser utilizadas. A ET também pode ser obtida por meio de dados provenientes de sensoriamento remoto, sendo possível estimar a demanda hídrica dos cultivos agrícolas com boa resolução espacial.

Os trabalhos de pesquisas associados à evapotranspiração nesse projeto de pesquisa têm por objetivo utilizar técnicas de aprendizado de máquina e dados de sensoriamento remoto para alcançar estimativas confiáveis de ET. Para isto, são utilizados dados meteorológicos diários de 203 estações meteorológicas do INMET-BDMEP distribuídas em todo o Brasil. A ETo diária, estimada pela equação de PM com dados diários completos, é utilizada como padrão para desenvolvimento e avaliação dos modelos em estudo. São avaliadas e calibradas equações empíricas tradicionalmente utilizadas para estimativa da ETo com dados meteorológicos limitados. Algumas das equações empíricas utilizadas são: Hargreaves-Samani, Oudin, Hamon; Romanenko; Schendel; Makkink; Jensen-Haise e modelos de PM com dados faltantes. Estas equações necessitam apenas de temperatura e/ou umidade relativa do ar como parâmetros de entrada. São desenvolvidos e avaliados modelos de machine learning, de forma isolada e combinada (stacked generalization) e modelos de deep learning (redes neurais convolucionais e redes long short-term memory) para estimativa da ETo diária utilizando dados meteorológicos limitados (temperatura e umidade relativa do ar). Para obtenção da ET, são utilizados o algoritmo SAFER e imagens dos sensores do satélite Landsat-8. Utilizando modelos de machine learning, a ET também é obtida por meio de imagens que não apresentam informações do espectro termal (Sentinel 2). São verificadas se as imagens provenientes dos satélites Landsat-8 e Sentinel 2A e 2B podem ser utilizadas conjuntamente em um monitoramento visando elevar a frequência temporal da estimativa da ET. A ET também é obtida por meio de produtos de sensoriamento remoto, como exemplo, o produto MOD 16. Para isso, modelos de machine learning são utilizados na modelagem e previsão da ET.

## I.5.6. Agricultura irrigada: análise técnica, econômica e ambiental

Linha de Pesquisa: Manejo de Água/Planta na Agricultura Irrigada

Responsável: Everardo Chartuni Mantovani

### Descrição

A demanda de alimentos no mundo não para de crescer. Estudos da FAO estimam uma população superior a nove bilhões de habitantes em 2050 e uma necessidade de expandir a produção de alimentos entre 60% e 70%, sendo que 90% desse valor deverão vir do aumento de produtividade ou do aumento do número de safras anuais, e apenas 10% do aumento da área plantada. Neste contexto, existe o consenso de que a expansão da agricultura irrigada brasileira e mundial é a base para que estas demandas sejam atendidas.

Na agricultura tropical, os ciclos de produção são definidos pela disponibilidade hídrica, onde o processo de produção depende da ocorrência das chuvas, que nem sempre ocorrem no momento e na quantidade desejadas. Neste contexto, a agricultura irrigada é uma opção de grande importância para intensificar a produção e ampliar a produtividade de uma determinada área, tornando uma tecnologia única para obter ganhos expressivos na produção, aumentar produtividade, gerar empregos e renda e, conseqüentemente, viabilizar o desenvolvimento socioeconômico de uma região. Esta intensificação da produção, também otimiza o uso da terra e dos ativos (máquinas, sistema de beneficiamento, infraestrutura em geral, etc.), gerando benefícios adicionais para os agricultores, o que reforçam a forte demanda por sua expansão e desenvolvimento tecnológico.

A agricultura irrigada brasileira avançou do total de 1,5 milhões de hectares em 1980, para cerca de 3 milhões de hectares irrigados em 1999 e 8,2 milhões de hectares irrigados em 2020, ou seja, a área irrigada no Brasil dobrou a cada 20 anos aproximadamente. É importante salientar que o desenvolvimento da agricultura irrigada nos últimos 20 anos se deu dentro da nova política nacional de recursos hídricos, criada com a Lei federal nº 9.433 de 08/01/1997, uma das mais modernas do mundo e condizente com o novo status da água, que diz, em resumo: *“A água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, sendo seu uso prioritário, em condições de escassez, para consumo humano e dessedentação de animais”*.

Para organizar e priorizar ações de governança foram criados em 2019 os Polos de Irrigação no Brasil, que tem como objetivos a implementação das ações, considerando a expansão da área irrigada, a partir da identificação de problemas e de superação de entraves locais, melhoria do ambiente produtivo, por meio da adoção de metodologia de planejamento local e setorial e da criação de uma governança. Fazem parte da estratégia de aproximar a Política Nacional de Irrigação do setor privado, o Ministério do Desenvolvimento Regional. Até o momento foram instituídos seis polos, com destaque os polos de Irrigação do Planalto Central de Goiás, do Oeste da Bahia e do Sul de Mato Grosso já implantados e do Noroeste de Minas Gerais em implantação.

É importante considerar que agricultura irrigada atual, nos polos citados e em outros locais, devem estar conectadas com a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Neste contexto, é fundamental dispor de informações técnicas para dar suporte a todo este processo, com informações estratégicas do sistema de produção, eficiência de irrigação, aspectos econômicas, sociais e relacionado ao meio ambiente, foi estruturado o projeto que tem como objetivo geral melhorar o conhecimento relacionado a agricultura irrigada no que se refere ao manejo da irrigação,

eficiência da irrigação, recursos hídricos, energia, produtividade, aspectos econômicos, análise de viabilidade, a variabilidade da produtividade.

Com o desenvolvimento do projeto espera-se de forma efetiva atingir os seguintes objetivos específicos junto aos Polos de Agricultura Irrigada citados e para outras regiões:

- a) Definir critérios de manejo das culturas irrigadas com vistas a otimização da produtividade, da água, energia e mão de obra;
- b) Parametrizar, calibrar e validar modelos de crescimento e desenvolvimento das culturas e em especial o AquaCrop da FAO;
- c) Desenvolver modelos de estimativa da evapotranspiração atual, desenvolvimento vegetativo e produtividade das culturas através de sensoriamento remoto com sensores multiespectrais via satélite e VANT,
- d) Analisar os resultados medidos em campo e estimados pelos modelos através de aplicação da análise "Yield Gap", para quantificar a eficiência agrícola, identificar suas causas e sugerir intervenções para elevá-las.
- e) Avaliar os indicadores econômicos em áreas irrigadas e de sequeiro e os impactos econômicos da utilização da irrigação em sistemas de produção.
- f) Caracterizar o estado da arte da agricultura irrigada implantada e em implantação nas regiões no que se refere a eficiência do uso da água e da energia, equipamentos utilizados e sistema de manejo da irrigação adotado e seus resultados.
- g) Avaliar a real utilização de água na irrigação em relação a outorga registrada e disponibilidade superficial e subterrânea;
- h) Avaliar a tarifação e demanda real de energia elétrica na irrigação, sua utilização, custo e impacto no custo na irrigação e de produção.
- i) Avaliar o potencial uso de energia fotovoltaica em condições parciais (*on grid*) e total (*off grid*) na agricultura irrigada.
- j) Um amplo debate sobre a disponibilidade e gestão dos recursos hídricos na região Oeste da Bahia com todos envolvidos e interessados no tema, com destaque para os órgãos de gestão hídrica, ministério público, comitês de bacias, associações de produtores, pesquisadores e técnicos da área.
- k) Levantar informações secundárias e primárias, organizando uma base de dados referentes à agricultura irrigada, às águas superficiais e subterrâneas, análise da sua disponibilidade, uso e ocupação do solo, clima e outros fatores relacionados;
- l) Avaliar novas tecnologias para ampliar o potencial sustentável de crescimento e desenvolvimento da agricultura irrigada na região Oeste da Bahia.

### I.5.7. Avaliação e aprimoramento de ferramentas para melhoria da eficiência de irrigação

Linha de Pesquisa: Manejo de Água/Planta na Agricultura Irrigada  
Responsável: Dr. Lineu Neiva Rodrigues

#### Descrição

O Brasil se destaca como produtor e exportador de várias commodities agrícolas. É um dos maiores produtores mundiais de alimento, detendo 7,3% das exportações agrícolas mundiais. A irrigação é a principal usuária de recursos hídricos no Brasil. Considerando o atual cenário de uso da água e o aumento dos conflitos pelo uso de recursos hídricos, é necessário que haja um planejamento adequado da irrigação, levando-se em consideração os possíveis impactos de diferentes estratégias de manejo de irrigação no desenvolvimento sustentável da agricultura. Além de um bom planejamento, é fundamental melhorar a eficiência de irrigação. Qualquer estratégia que objetive melhorar a eficiência de irrigação deve priorizar o ajuste do manejo. Além de desenvolver coeficientes técnicos que representem as condições locais é importante o desenvolvimento de estudos que tenham uma visão mais integrada da bacia hidrográfica, que levem em consideração melhorias nos valores de eficiência do uso de água de irrigação (EUAi) e de produtividade de uso da água (PA). A irrigação com déficit controlado é uma das estratégias de irrigação existentes. Modelos computacionais que utilizam dados de sensoriamento remoto vem ganhando espaço nos estudos relacionados ao manejo de irrigação em grandes áreas. Algoritmos que utilizam dados de sensoriamento remoto são utilizados em estudos de irrigação e relacionados à gestão de recursos hídricos. Por meio de imagens de Unmanned Aerial Systems – UAS, é possível estimar a evapotranspiração de referência de forma precisa. A irrigação de precisão, apesar de mais recente e ainda pouco estudada, é outra estratégia com grande potencial de contribuir para melhorar a eficiência de irrigação.

Assim, o presente projeto de pesquisa tem por objetivo avaliar e aprimorar ferramentas que contribuam para aumentar a eficiência de irrigação.

Para isto, serão avaliados e aprimorados sensores e modelos matemáticos e definidas estratégias de irrigação que possam subsidiar o planejamento e manejo de recursos hídricos em bacias hidrográficas. A evapotranspiração atual será estimada por sensoriamento remoto por meio do modelo SSEBop. Como dado de entrada, o modelo utiliza dados multiespectrais na faixa do visível e do infravermelho, e termal. Os dados multiespectrais e termal serão obtidos por meio de imagens de satélite e por meio de aeronave não tripulada. Diferentes estratégias serão utilizadas para estimativa do estresse hídrico planta, como, por exemplo, a temperatura do dossel da cultura.

## I.5.8. Manejo de irrigação de culturas agrícolas e pastagens

Linha de Pesquisa: Manejo de Água/Planta na Agricultura Irrigada

Responsável: Prof. Rubens Alves de Oliveira

### Descrição

O manejo da irrigação consiste em aplicar água para as plantas no momento certo e na quantidade adequada, em consonância com o uso apropriado dos demais fatores de produção, visando maximizar a produtividade das culturas.

As tecnologias de manejo da irrigação proporcionam aumento da eficiência do uso da água, resultando em maior produtividade das culturas, economia de energia, redução de impactos ambientais e aumento da renda do produtor rural.

O Irrigâmetro é uma tecnologia de manejo da irrigação desenvolvida na Universidade Federal de Viçosa, detentora da patente. O aparelho possibilita estimar diretamente a evapotranspiração da cultura, em qualquer estágio de desenvolvimento, devendo ser previamente ajustado para os tipos de solo e de cultura e para as características do equipamento de irrigação existentes na propriedade agrícola. A sua operação é muito simples, consistindo na abertura e no fechamento de válvulas existentes no aparelho.

A alteração na altura do evaporatório, um dos componentes do aparelho, permite efetuar o manejo da irrigação de maneira plena ou com déficit hídrico controlado. A irrigação com déficit controlado (Regulated Deficit Irrigation-RDI) é uma técnica que consiste em aplicar um certo nível de estresse hídrico no cultivo durante a fase fenológica menos sensível à falta de água, possibilitando diminuir o consumo desse recurso natural na agricultura sem ocasionar redução significativa da produtividade quando comparada ao manejo com irrigação plena por todo o ciclo da cultura.

As pesquisas desenvolvidas no âmbito deste projeto objetivam estudar o manejo da água de diversas culturas agrícolas e pastagens, cultivadas em diferentes condições edafoclimáticas, incluindo estabelecimento e crescimento de cobertura vegetal irrigada em áreas de recuperação ambiental, além do estudo da variação nos atributos físicos e químicos do solo e a resposta dos cultivos a estratégias de manejo específicas, envolvendo irrigação plena e com déficit hídrico controlado, sob diferentes sistemas de irrigação.

### I.5.9. Modelagem hidrológica de bacias hidrográficas

Linha de Pesquisa: Planejamento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos

Responsável: Dr. Lineu Neiva Rodrigues

#### Descrição

Em várias regiões agrícolas do Brasil, já se observa o aumento das disputas pelo uso de recursos hídricos, principalmente em regiões, como Cerrado, onde a expansão de áreas irrigadas se deu com pouco planejamento e informações hidrológicas. Além disso, estudos considerando diferentes projeções de mudanças climáticas apontam diversos riscos para o desenvolvimento socioeconômico dessas regiões. Dentre os impactos esperados, pode-se citar o aumento da temperatura e a redução da precipitação, prolongamento da estação seca e redução da vazão disponível em cursos d'água. Para garantir o bem-estar social e o desenvolvimento sustentável dessas regiões é fundamental que se tenham informações técnicas suficientes para subsidiar o planejamento e a gestão de recursos hídricos. A complexa interação existente entre os diversos fatores, tais como as condições de clima, de cobertura e uso da terra, faz com que a aplicação de modelos matemáticos e computacionais seja a melhor alternativa para a estimativa das variáveis de interesse, especialmente em regiões desprovidas de adequado monitoramento. Esses modelos são ferramentas valiosas para o planejamento e gestão de recursos hídricos, pois possibilitam, dentre outras coisas, simular o impacto de diferentes fatores tais como o clima e o uso da terra na disponibilidade e demanda hídrica. A estimativa da quantidade e do período de disponibilidade de água em regiões não monitoradas ou com escassez de dados é um desafio de longa data para a hidrologia. A forma mais comum de se estimar a disponibilidade hídrica em regiões não monitoradas se dá por meio de técnicas de regionalização.

Assim, este projeto tem por objetivo: (i) Desenvolver e adaptar modelos hidrológicos para estimativa da disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas com escassez de dados hidrometeorológicos; (ii) Avaliar o impacto das mudanças climáticas na disponibilidade e demanda hídrica de bacias hidrográficas na região do Cerrado; (iii) Avaliar técnicas de aprendizado de máquina para o desenvolvimento de modelos hidrológicos robusto e adaptado às mudanças de uso e cobertura ao longo do tempo; (iv) Avaliar a dinâmica da água em pequenas barragens e seu impacto no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica.

Para isto, serão desenvolvidos e adaptados modelos hidrológicos e modelos empíricos de previsão de vazão com base em técnicas de aprendizagem de máquina. Séries de vazões serão simuladas em bacias não monitoradas usando a regionalização de parâmetros de modelos hidrológico calibrados em bacias monitoradas. A regionalização será feita com base no método de regionalização com melhor desempenho.

### I.5.10. Gestão de recursos hídricos e conservação de solo e água utilizando tecnologias computacionais

Linha de Pesquisa: Planejamento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos

Responsável: Prof. Michel Castro Moreira

#### Descrição

A implementação de uma adequada gestão de recursos hídricos se faz necessária para garantir o uso racional e compartilhado da água, minimizando a existência de conflitos e promovendo o desenvolvimento socioeconômico de uma região.

Os prejuízos sociais, econômicos e ambientais em uma bacia hidrográfica, decorrentes dos impactos dos processos erosivos, requerem estudos e intervenções para a conservação de solo e água.

As temáticas de gestão de recursos hídricos e de conservação de solo e água se complementam ao abordar o espaço da bacia hidrográfica como a área na qual as atividades humanas se desenvolvem.

Considerando as extensas áreas agrícolas nacionais e os desafios presentes na gestão de recursos hídricos e na conservação de solo e água, o presente projeto de pesquisa tem por objetivo realizar estudos diagnósticos e propor metodologias e práticas que considerem as realidades regionais e os diversos avanços tecnológicos existentes.

O uso de técnicas avançadas de geoprocessamento possibilita uma nova abordagem para a solução de problemas que se mostram cada vez mais complexos. Por isso, na solução dos problemas de pesquisa científica serão utilizados os Sistemas de Informação Geográficas, o Sensoriamento Remoto, a modelagem de sistemas ambientais utilizando Aprendizado de Máquina (Machine Learning), a aquisição de dados a partir de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA/VANT).

## I.5.12. Modelagem aplicada à conservação do solo e da água em bacias hidrográficas

Linha de pesquisa: Conservação do Solo e da Água

Responsável: Prof. Ricardo Santos Silva Amorim

### Descrição

A busca constante por maior produção de alimentos, tanto pelo aumento de produtividade quanto pela intensificação e ampliação das áreas cultivadas, pode causar um esgotamento dos recursos naturais pela degradação e poluição do solo e da água, quando os sistemas de produção são mal manejados. Assim, a avaliação dos diversos cenários de manejo e uso do solo que favoreçam o aumento da produção de alimentos sem causar degradação dos recursos naturais é fundamental para a continuidade e sustentabilidade do protagonismo mundial do Brasil na produção de alimento.

Entretanto essa avaliação requer o entendimento de interações complexas entre os processos químicos, físicos, hidrológicos e meteorológicos. A análise dessas interações dificilmente pode ser realizada experimentalmente e, em função disso, os modelos que avaliam o movimento de água no sistema solo-planta-atmosfera são importantes ferramentas para simular e avaliar diferentes cenários de uso e manejo do solo e, conseqüentemente, para auxiliar na definição dos usos e manejos conservacionista do solo e da água mais adequados do ponto de vista agrônômico e ambiental.

Sendo assim, as pesquisas desenvolvidas no âmbito desse projeto têm os seguintes objetivos:

- Modelar processos associados à erosão hídrica e suas interações em nível de bacia hidrográfica.
- Desenvolver e/ou atualizar metodologias capazes de identificar, locar e dimensionar técnicas mais adequadas para a conservação do solo e da água.
- Caracterizar a variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo, os quais são fundamentais para a aplicação de modelos hidrológicos e hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas com escassez de dados.
- Avaliar o impacto das diferentes formas de uso, manejo e ocupação do solo sobre as características quali-quantitativa das águas superficiais e sobre a dinâmica de água e solutos (carbono, nutrientes, metais pesados e pesticidas) no solo.

No desenvolvimento das pesquisas envolvidas no presente projeto estão sendo utilizadas técnicas avançadas de modelagem que possibilitam entender e modelar com melhor acurácia as variabilidades espacial e temporal das características e dos processos que regem a erosão hídrica do solo e, desta forma, melhorar a eficiência das análises e decisões quanto ao uso e manejo conservacionista do solo em nível de bacia hidrográfica. Dentre essas técnicas, pode-se citar: sensoriamento remoto, processamento de imagens, sistemas de informações geográficas, inteligência artificial (Machine Learning, k-Nearest Neighbors, Random Forest, redes neurais e Regressão Linear Múltipla) e análise multicritérios.