



E3.2.1 Relatório com os requisitos funcionais, arquitetura base, e caracterização dos cenários de demonstração

PPS 3. Atividade A3.2



grounding collaborative strategies for integrated mngt of forests & fire

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Índice

.....	
1. Introdução	4
1.1. Abordagem metodológica	5
2. Caracterização do cenário de aplicação (“as-is”)	6
3. Situação futura: Silvicultura de precisão sustentável	14
3.1. Estado da arte de tratores e alfaías	16
3.2. Estado da arte de equipamentos de mobilização e de plantação	19
3.3. Estado da arte de equipamentos para adubação	21
3.4. Estado da arte de equipamentos para controlo da vegetação	22
4. Arquitectura de Informação e interoperabilidade	24
4.1. Informação relevante para monitorizar as operações de instalação e manutenção do povoamento	24
4.2. Captação de dados / sensorização	26
4.3. Standards de informação e comunicação de dados	27
J1939	28
ISOBUS	28
StanForD	28
AIM (DEMETER)	29
5. Arquitectura de aplicações e análise de requisitos	30
5.1. Módulo de automação e sensorização (IoT) e visualização de dados	30
5.2. ARD para mobilização localizada do solo para plantação	32
5.3. Corta-mato mecânico para linha e entrelinha, com opção de aplicação de herbicida na linha	34
5.4. Corta-mato mecânico para linha com adubação taxa variável	36
5.5. Robô para Limpeza e Recolha de Biomassa Florestal	38
6. Cenários de Demonstração	42
7. Referências bibliográficas	43



grounding collaborative strategies
for integrated mngt of forests & fire

Autores do documento:

The Navigator Company (responsável): José Luis Carvalho, Maria Teresa Silva,
ForestWISE: Alexandra Marques
INESC TEC: Filipe Santos, Daniel Silva
FRAVIZEL:

Revisores internos do documento:

Histórico do documento

v1.0 -13/10/2020 - Primeira versão do documento

v2.0 - 15/12/2020 - primeira versão estável das secções 1 a 4

v3.0 - até 15/01/2020 - revisão das secções 1 a 4, primeira versão estável da secção 5

v4.0 - até 30/01/2020 - encerramento do documento

Sumário

Este documento é o primeiro resultado da atividade 3.2. Neste documento são balizados com precisão os requisitos para a mecanização e automação das operações silvícolas de instalação e manutenção de povoamentos florestais, em especial a Limpeza na linha e entrelinhas, Adubação/Fertilização, e Plantação, com vista a reduzir custos de mão de obra e aumentar o nível de precisão. Este trabalho baseia-se na análise dos processos e numa revisão do estado da arte das alfaia existentes no mercado. Como resultado desta análise, identificaram-se e detalharam-se os seguintes protótipos multi-funcionais:

1. Corta-mato mecânico para linha e entrelinha, com opção de aplicação de herbicida na linha,
2. Corta-mato mecânico para linha, com adubação taxa variável,
3. ARD (Alfaia, Ripper e Discos) para Mobilização Localizada do Solo para Plantação, e
4. Robô para Limpeza e Recolha de Biomassa Florestal.

Este relatório complementa outro relatório elaborado na atividade 3.1. sobre exploração florestal e transporte.

Neste documento são também descritos os cenários de demonstração das tecnologias desenvolvidas na actividade 3.2, incluindo a definição das zonas florestais piloto para a realização dos ensaios de pré-demonstração e a calendarização/coordenação das intervenções nestas zonas por forma a permitir as condições de operações desejadas para os testes e demonstrações das soluções a desenvolver.

1. Introdução

O custo de produção de rolaria de eucalipto e pinho é muito elevado, principalmente quando comparado com países do hemisfério Sul. Sucintamente, pode dizer-se que os fatores que mais contribuem para este cenário são, por um lado, a baixa produtividade dos povoamentos e, por outro lado, os custos elevados da silvicultura, os seja, as operações florestais relacionadas com a preparação do terreno e a plantação ou reflorestação e ainda as operações de manutenção ao longo da vida do povoamento. A baixa produtividade está associada por um lado à ausência / inadequada gestão (fatores que podem ser controlados) e por outro, e em alguns casos, com questões edafoclimáticas. O desenvolvimento de maquinaria mais adequada às condições dos povoamentos florestais em Portugal poderá contribuir para facilitar a gestão e reduzir os custos da silvicultura.

Um dos condicionantes mais importantes à gestão é que no mercado nacional a maioria da madeira utilizada é proveniente de milhares de pequenos produtores. Existe por isso uma necessidade de acautelar a produção nacional com maquinaria de baixo custo e adequada ao funcionamento em propriedades de pequenas dimensões (minifúndio).

Outro condicionante de cariz ambiental é a necessidade de garantir que intervenções sobre o solo permitam manter e melhorar as suas características físicas, químicas e biológicas, nomeadamente a porosidade e as suas capacidades de retenção e infiltração hídricas, e facilitar ou melhorar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas a instalar e a produtividade da estação.

Para além do aumento de produtividade e/ou diminuição dos custos de produção, a introdução de novas técnicas silvícolas potenciadas pela adoção de nova maquinaria pode também facilitar a implementação de esquemas de certificação florestal que visam conciliar a produção de madeira com a sustentabilidade dos ecossistemas florestais. Desta forma, não se procura apenas um aumento direto nas receitas, mas sim uma relação otimizada entre produção de madeira, redução de custos e uma preservação responsável.

Neste âmbito, as prioridades de inovação são a maquinaria para a mobilização dos solos. A atividade de rearborização dos povoamentos tem um peso significativo no custo final da madeira em pé, sendo que a preparação do terreno para plantação, representa cerca de 60 % dos custos de instalação. Neste sentido, a adoção de técnicas de mobilização parcial e no caso extremo, o cultivo mínimo, permitirá reduzir significativamente os custos de produção e proporcionar vantagens ambientais. As mesmas visam manter um nível de vegetação espontânea que constitua um risco mínimo para os incêndios, e em simultâneo satisfaça as necessidades de preparação do solo para o desenvolvimento das novas plantas, criando condições de retenção de água e de exploração dos nutrientes ótimas. Nos primeiros estádios desenvolvimento dos povoamentos, é igualmente relevante diminuir a competição por água e nutrientes entre as jovens plantas e a restante vegetação.

Também na manutenção das florestas há que dar novos passos para a mecanização. O controle dos matos é uma das ações mais importantes para reduzir a perigosidade de incêndio. Os atuais sistemas

(ex: gradagem com grade de discos) não permitem um controlo mecânico na linha de plantação e daí ser necessário ter novas soluções que possam diminuir o risco e serem economicamente viáveis.

A escassez de mão-de-obra e a necessidade de ter maior homogeneidade nas operações leva também à procura de soluções para a plantação assistida ou automática. Existem vários exemplos em cultivos agrícolas (agricultura de precisão), mas na floresta ainda não foi possível adequar equipamento com esta finalidade com a eficiência mínima requerida.

Em todos os novos equipamentos é possível introduzir maior “inteligência” através de sensores e sistemas de informação e de automação que possam ajudar na execução das tarefas e na captura de dados para serem utilizados na gestão das florestas, e em simultâneo facilitar o trabalho dos operadores melhorando a eficiência e a segurança das operações.

1.1. Abordagem metodológica

A especificação de requisitos da nova maquinaria para as operações silvícolas de instalação e manutenção de povoamentos florestais, baseou-se na metodologia de Zachman 1997 amplamente usada para desenho de sistemas de informação, incluindo no setor florestal (e.g. Marques et al. 2011). Esta metodologia assenta na descrição dos processos de negócio atuais e futuros, seguido da análise das fontes de informação e depois a arquitectura aplicacional e tecnológica da solução a desenvolver.

A descrição dos processos de negócio atuais relacionados com a instalação e manutenção de povoamentos florestais foi feita pelos especialistas das empresas florestais de forma a retratar a situação em Portugal. A situação futura deriva de melhorias processuais e na incorporação de conceitos e tecnologias da floresta 4.0 encontrados na revisão do estado da arte. A identificação da informação necessária e a arquitetura da solução integrada foi realizada pelos especialistas em Tecnologias de Informação, num esforço de trabalho conjunto com as empresas florestais.

Novas parcerias e novos modelos de negócio poderão emergir para a comercialização destas novas soluções integradas em Portugal. Por isso, o envolvimento dos agentes do sector é um aspeto fulcral para garantir a adequabilidade das soluções propostas e potenciar a transferência de conhecimento.

Comentado [1]: Falta a referência, sugiro em footnote

Comentado [2]: falta a ref em footnote

2. Caracterização do cenário de aplicação (“as-is”)

2.1. Processos atuais relacionados com a instalação e manutenção dos povoamentos florestais

Os processos de instalação e manutenção dos povoamentos florestais em Portugal e a respetiva maquinaria usada, variam de acordo com a espécie, a dimensão das empresas, dimensão da área florestal que têm sob sua gestão e com o contexto socio-económico da região onde atuam. Neste estudo consideram-se um conjunto de processos genéricos considerados adequados para a análise subsequente de aplicação dos conceitos e tecnologias da floresta 4.0.

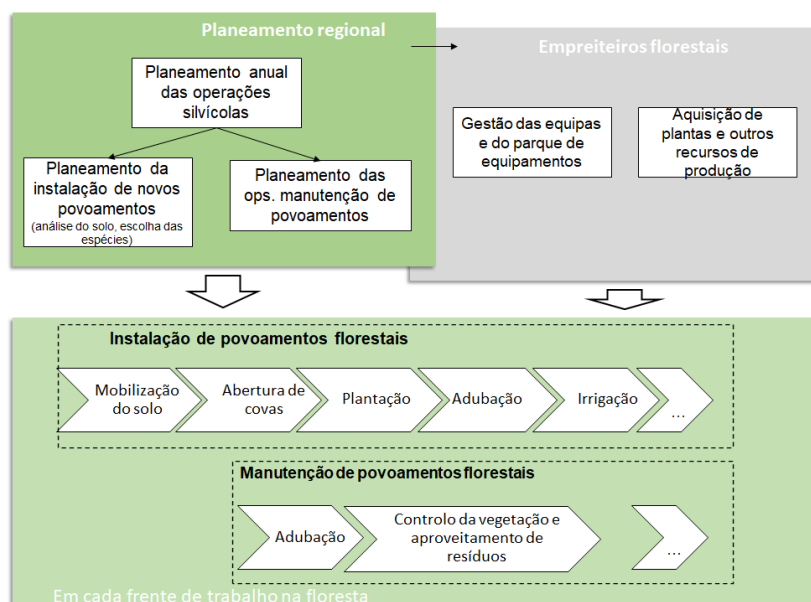


Figura 1 - Representação gráfica dos principais processos de instalação e manutenção de povoamentos: situação atual

Planeamento regional

- **Planeamento anual das operações silvícolas:** consiste em definir quais as áreas florestais a intervir, atendendo às áreas prioritárias a intervir e ao orçamento disponível. É a base para a contratualização dos empreiteiros florestais.
- **Planeamento da instalação de novos povoamentos:** consiste na preparação de um plano detalhado das operações em cada área a arborizar/rearborizar, incluindo: descrição das

técnicas de mobilização do terreno a adoptar, análise do solo, seleção de espécies e modelo de silvicultura.

- **Planeamento das operações de manutenção de povoamentos:** consiste na preparação de um plano detalhado das operações em cada área a intervir.

Organização do trabalho nos empreiteiros florestais

- **Gestão das equipas e do parque de equipamentos:** consiste na afetação das equipas e máquinas a frentes de trabalho de acordo com a disponibilidade e características técnicas.
- **Aquisição de plantas e outros recursos de produção:** consiste na compra de plantas, adubos e corretivos do solo necessários às operações de instalação de povoamentos.

Instalação de novos povoamentos (em cada frente de trabalho na floresta): A **preparação do solo na floresta e a plantação** com a consequente adubação, é um ponto crítico para a qualidade nas fases iniciais do desenvolvimento das plantas. Em particular, a preparação do terreno é das operações mais caras. É durante estas operações que se deve assegurar um impacto reduzido que evite problemas de erosão do solo e garanta a sua conservação.

- **Mobilização do solo:** As operações de mobilização de solo dependem em larga medida da dimensão da área a florestar e do declive do terreno. Podem distinguir-se quanto à sua forma de execução, em manuais e mecanizadas. As operações mecanizadas são:
 - **Gradagem:** consiste na destruição das componentes aéreas e radicais das plantas com simultânea mobilização do solo. É realizada com recurso a uma grade de discos, que corta e enterra parcialmente a vegetação.
 - **Ripagem e subsolagem:** consistem em produzir cortes perpendiculares ao solo, formando linhas, sem realizar inversão de horizontes de solo. São realizadas com recurso a máquinas giratórias incorporando rippers, de dois ou três dentes.
 - **Abertura de vala e câmara e lavoura:** consiste na armação do solo em valas de câmaras para aumentar a capacidade de retenção e infiltração hídrica na vala ao mesmo tempo que disponibiliza terra solta e mobilizada à planta para a instalar. É realizada com recurso a charrua de aivecas.
 - **Mobilização à «cava»:** é o método que permite a preparação de terrenos com declives superiores a 30% (ou em zonas onde é necessário haver uma lavoura seletiva), com o apoio de um «tridente» (balde com três dentes acoplado a uma máquina giratória) (Cunha, 2015).
- **Abertura de covas de plantação:** pode ser feita de forma manual ou mecanizada, neste último caso, com recurso a tecnologias como a broca ou a pá de retroescavadora (Portugal, 2003).
- **Plantação:** A operação de plantação pode ser realizada de maneira manual ou mecanizada, dependendo das condições do solo e de relevo. Na plantação manual, a mais convencional e adotada no nosso país, são utilizadas ferramentas denominadas tubo plantador ou ferro

plantador, que facilitam a adequada acomodação das plantas nas covas e linhas de plantação. A plantação mecânica pode ser realizada com recurso a plantadora mecânica em escavadora que é especialmente vantajosa em zonas declivosas e com possibilidade de plantação à cova.

- **Adubação à plantação:** Consiste na aplicação de adubo, no acto de colocação da planta no solo, adicionando um adubo que pode ser colocado na cova de plantação ou na lateral da planta, incorporando no solo. Esta operação pode ser manual ou mecanizada de acordo com método de plantação adoptado.
- **Irrigação:** É uma operação que pode ser efectuada à plantação, usualmente realizada com recurso a depósito de água (Joper) acoplado a tractor e mangueira e ou pulverizador de modo a aumentar a sobrevivência das jovens plantas.
- Nota: Na plantação mecânica, podem realizar-se em simultâneo a adubação e irrigação. Esta modalidade tem algumas vantagens, como maior precisão no alinhamento e espaçamento da plantação, além de proporcionar maior vigor e uniformidade no crescimento inicial das plantas, devido à precisão de localização do adubo de plantação e das plantas.

Comentado [3]: filipe: sugere que isto tem que ser mais detalhado, nomeadamente limitações das soluções atuais e falta de maquinaria.

Comentado [4]: filipe: falta detalhar em que condições é feita e como é feita (c/jopper-pulverizador).

referencia no estado da arte aos doseadores usados no Brasil.
- dao uma qtdade exata de água a cada pta.

Falar nas cisternas com jato.

Gota-a-gota: é um dominio muito especifico. Dizer que está fora do ambito. Foca-se apenas na irrigação à ptação para aumentar a sobrevivencia das plantas instaladas.

Síntese das técnicas e máquinas e suas principais vantagens (+) e limitações (-)

Gradagem - Grade de discos	Ripagem e subsolagem - Ripper
	
(+) A execução da gradagem proporciona, em certas situações, uma mobilização de solo suficiente, ao mesmo tempo que faz o controlo da vegetação espontânea.	(-) A intensa mobilização do solo, desfaz a estrutura, diminui a Matéria Orgânica e a capacidade de retenção de água, dificultando o desenvolvimento das plantas
Abertura de vala e câmor - charrua de aivecas	Mobilização à «cava» - tridente em máquina giratória



- (-) Uso limitado a solos com densidade baixa, pouco compactados. Dificuldade acrescida em operações posteriores de manutenção devido à falta de regularização do terreno.
- (-) A mobilização à cava, para além de onerosa, resulta na inversão dos horizontes do solo e no enterramento da matéria orgânica em profundidade, e portanto, na impossibilidade de aplicar o conceito de mobilização parcial. Mais, condiciona fortemente a produtividade, estando atualmente proibida esta prática pelo ICNF.

Abertura de covas de plantação - broca ou a pá de retroescavadora



Plantação manual com tubo



- (-) Forte exigência de mão-de-obra e trabalho pouco diferenciado e com esforço físico associado.

Plantadora mecânica em escavadora



- (-) Equipamento ainda em fases de desenvolvimento, com muito poucos fabricantes e utilizadores, pois apresenta limitações na eficiência, exigindo acompanhamento de pessoal a pé.
- (-) Custo da operação elevado.

(-) Controlo de qualidade difícil, com pouca homogeneidade e totalmente dependente da concentração e habilidade dos executantes. (-) Morosidade e falta de mão de obra limitam a oportunidade temporal de execução.	(+) Pode efectuar uma preparação de solo localizada e adubação na mesma sequência com o equipamento. (+) É especialmente vantajosa em zonas declivosas e com possibilidade de plantação à cova.
Adubação à plantação - manual  (-) A operação manual é exigente em mão de obra, e nem sempre há condições de mecanização (entre-linhas mais apertadas, declive acentuado, etc.)	Adubação de cobertura - mecânica 

Notas:

Na instalação de povoamentos de eucalipto, é frequente a realização da gradagem e ripagem pelo mesmo trator. Primeiro realiza-se a gradagem em toda a área do terreno (uma a duas passagens da grade de discos) e depois realiza-se a ripagem na faixa de plantação(uma passagem do ripper com 1, 2 ou 3 dentes, com profundidade entre 40 e 60 cm). Existe uma mobilização total entre 20 a 30 cm. Os resíduos vegetais são enterrados não ficando uma “serapilheira” de manta morta.

O Roteiro I&D para máquinas e alfaia florestais 2019-2030 ¹ realizado no âmbito do projecto BIOTECFOR detalha em pormenor as principais inovações na maioria dos processo florestais e complementa a tabela anterior.

¹ Documento pode ser acedido em https://biotecfor.com/assets/media/results-s2/original/20200511_142044AzA.pdf

Manutenção de povoamentos florestais (em cada frente de trabalho na floresta)

- **Adubação de cobertura e de manutenção nos povoamentos florestais:** pode ser realizada de forma manual e/ou mecanizada de acordo com as condições de terreno, nomeadamente declive, e disponibilidade de mão-de-obra e equipamentos. É realizada com recurso a XXX.
- **Controlo da vegetação:** Esta é uma operação essencial para a redução do risco de incêndio e da competição. Consiste na remoção da vegetação espontânea na linha e entrelinha de plantação. A vegetação espontânea compete por recursos de crescimento, luz, água e nutrientes, por isso é crucial que se faça o adequado controlo para assegurar o vigor do crescimento da floresta. A redução do combustível é também uma medida importante para reduzir o risco de incêndio. É realizado com recurso a várias técnicas, nomeadamente:
 - Fogo controlado: Técnica desenvolvida por pessoal qualificado, com exigência de meios de controlo e com autorização prévia.
 - Moto-roçadeira: Trabalho moto-manual com elevada exigência de mão de obra em geral pouco especializada.
 - Herbicida: Aplicação de herbicidas sistémicos homologados e com aplicadores credenciados.
 - Grade de discos acoplada a trator: Provoca mobilização do solo até 10 a 20 cm de profundidade.
 - Corta-matos acoplado ao trator ou integrado em equipamentos *purpose-build*.

Comentado [5]: filipe: necessário detalhar. ver comentário anterior.

Síntese das técnicas e máquinas e suas principais vantagens (+) e limitações (-)

Síntese das técnicas e máquinas e seus principais vantagens (+) e limitações (-)	
Fogo controlado 	Herbicida  https://purgest.com/controlo-de-vegetacao/
(-) Requer condições climáticas específicas, o que limita a oportunidade temporal de execução; (-) Pode causar danos na camada superior do solo que conduzem à diminuição de fauna e da matéria orgânica do solo; (-) Com vegetação densa é complexo de executar sem danificar as árvores.	(+) Tem vantagens na não mobilização do solo e pode ser utilizado em toda a área (-) Há limitações regulamentadas no seu uso
Moto-roçadeira	
	
(-) Segurança dos operadores é um fator crítico (+) O impacto no solo é muito reduzido (+) Vantagens em manchas de muito difícil acessibilidade	

Grade de discos	Grade de discos
	
(-) Potencial impacto no corte das raízes finas das árvores, reduzindo vitalidade do arvoredo e alterando condições físicas do solo na camada superficial (-) Não controla a vegetação nas linhas de plantação, pelo que é ineficaz na redução da perigosidade junto às árvores (risco de precursor de fogo de copas) (+) É a alfaia de controle de vegetação mais comum e tem um custo baixo	(+) A mobilização do solo é minimizada (+) A vegetação cortada fica distribuída na superfície do solo e tem efeito “mulching” (+) O custo de operação é médio-alto (-) Não controla a vegetação nas linhas de plantação, pelo que é ineficaz na redução da perigosidade junto às árvores (risco de precursor de fogo de copas)

Na discussão com especialistas em operações florestais, foram identificadas as **principais limitações associadas a estas operações florestais**, que deverão ser analisadas a quando da concepção da situação futura:

Mobilização do solo e plantação:

- Custo elevado das operações, grande desgaste das máquinas e componentes, e dificuldade crescente nas operações que impliquem mão-de-obra manual;
- A eficiência das operações é em geral baixa. Deste modo, é de extrema importância que a operação seja realizada com garantias de qualidade e que o rendimento possa ser mensurado com exatidão.
- Necessidade de modelos de conservação do solo para a manutenção de fertilidade do solo e da estrutura física adequada;
- Necessidade de instrumentos para apoio à execução em tempo real, nomeadamente para direcionamento automático de tractores;
- Necessidade de capturar informação digital das operações e do terreno para posterior análise;
- Necessidade de melhorar as condições de trabalho dos operadores.

Adubação:

- Necessária mecanização com vista à aplicação automática do adubo ao longo das linhas de plantação, em taxas diferenciadas. Um dos fatores preponderantes na qualidade da operação mecanizada é a uniformidade de aplicação e um desafio a ser superado é a velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado, pois afeta diretamente a quantidade de adubo depositada. Como agravante, em áreas florestais a velocidade tende a variar bastante, devido

à grande quantidade de material lenhoso deixada após a exploração (sobrantes de exploração) e às condições de superfície do terreno. Como a dose de fertilizante é aplicada em função da velocidade do adubador, a aplicação convencional de adubo torna-se irregular e nem sempre é depositada no local correto.

Controlo de vegetação:

- Custo elevado das operações e dificuldade crescente nas operações que impliquem mão-de-obra manual;
- Dificuldade no controlo de matos na linha de plantação, em especial nas primeiras idades;
- Dificuldade na valorização económica dos matos a retirar da floresta;
- Necessidade de modelos que equilibrem diminuição de perigosidade com manutenção de fertilidade do solo;
- Necessidade de capturar informação digital das operações e do terreno para posterior análise ou para apoio à execução em tempo real.

3. Situação futura: Silvicultura de precisão sustentável

Comentado [6]: será que a questão do SFO introduzida no relatório 3.1. também faz sentido aqui?

A silvicultura de precisão é um novo conceito de produção florestal baseado na gestão específica das áreas de plantação, empregando-se boas práticas agroflorestais de acordo com características devidamente georreferenciadas dos talhões. Na silvicultura de precisão (ou genericamente floresta 4.0), a utilização de tecnologias digitais para recolha de informação - grandes volumes de dados, elevada precisão, grande frequência - permite um acompanhamento/monitorização (em tempo real) das operações o que é podem apoiar o planeamento e a tomada de decisão. Assim, as principais vantagens de uma silvicultura de precisão e controlo e monitorização das actividades silvícolas, são:

- melhoria da eficiência das operações, com a redução do tempo de regulação das máquinas;
- economia de adubos, dada a melhor uniformidade de distribuição pela área;
- redução de custos de controlo da qualidade das operações;
- rastreabilidade de adubos, produtos e serviços realizados;
- priorização de actividades pela classificação das operações / serviços a serem realizados;
- a documentação e registos automatizados de cada terreno conferem precisão e cumprimento dos regulamentos;
- transferência/partilha de informações e registo de operações para o sistema de gestão de propriedade, garantindo segurança dos dados;
- mobilidade de acesso a dados em qualquer altura e em qualquer local, através de sistema de gestão da propriedade.

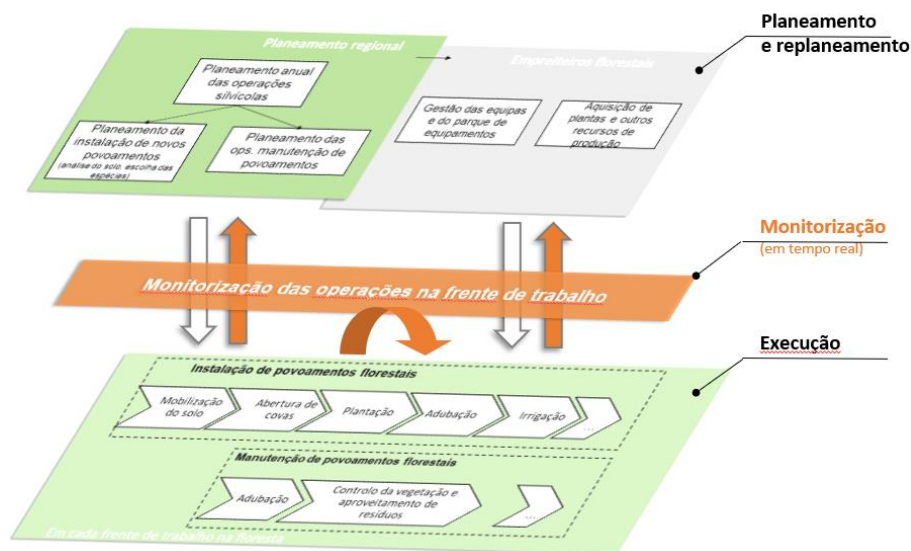


Figura 2 - Representação gráfica dos principais processos de instalação e manutenção de povoamentos: situação futura

Assim, a visão futura para transição dos processos relacionados com a instalação e manutenção de povoamentos florestais em Portugal para o novo paradigma da silvicultura de precisão sustentável tem como drivers principais:

1. Desenvolvimento de novos equipamentos automatizados com dispositivos de precisão, multi-funcionais e adequados a zonas de minifúndio e terrenos difíceis (declive, pedregosidade), que permitam mitigar as limitações atuais identificadas nas operações de instalação e manutenção de povoamentos. Identificaram-se os seguintes equipamentos:
 - a. Instalação dos povoamentos: Equipamento multi-funções, ARD (Alfaia, Ripper e Discos) para Mobilização Localizada do Solo para Plantação, e
 - b. Manutenção dos povoamentos:
 - i. Corta-mato mecânico para linha e entrelinha, com opção de aplicação de herbicida na linha,
 - ii. Corta-mato mecânico para linha, com adubação taxa variável,
 - iii. Robô para Limpeza e Recolha de Biomassa Florestal.
2. Passar a recolher e transmitir informação de forma automática do “ambiente real” para monitorar a execução de operações, recorrendo para isso a sensores nos novos equipamentos a desenvolver, os quais deverão ser suportados por sistemas de interoperabilidade e comunicação adequados (“internet na floresta”).
3. Possibilitar a análise e partilha de informação relevante para apoiar o planeamento em tempo real e a tomada de decisão dos vários intervenientes, recorrendo para isso a sistemas avançados de planeamento que incorporam outras fontes de informação. O uso de ferramentas como a cartografia, a fotointerpretação, a fotogrametria, os sistemas de informação geográfica, a deteção remota e os sistemas de posicionamento global são fundamentais para a silvicultura de precisão. Estas ferramentas permitem o levantamento de uma série de informações dos talhões, do uso do solo, do material genético plantado e das operações florestais, de modo a que, quando analisadas em conjunto, possibilitem intervenções pontuais nas florestas. Isto torna possível adequar as atividades a serem desenvolvidas, como por exemplo, adubações, controlo de pragas, doenças e vegetação espontânea, além da monitorização do risco de incêndio, às características de cada local específico, aumentando substancialmente, a produtividade e a qualidade das florestas.
4. Criar as condições para a adoção de maquinaria robótica para fazer face à escassez de mão-de-obra e aumentar a eficiência das operações. **Mas também, garantir maior sustentabilidade das operações florestais, o que implica que o uso dos equipamentos atenda aos impactos no solo, às emissões de GEE, às condições de trabalho e a minorar riscos e acidentes graves.**

Esta visão conduz a uma nova arquitetura de processos que inclui uma nova “camada” relacionada com a monitorização das operações na frente de trabalho e prevêm-se trocas de informação bi-direccionais entre a camada de planeamento e a execução.

3.1. Estado da arte de tratores e alfaia

Comentado [7]: INESC TEC, fravizel; questionar Trigger até 30 Dez

A incorporação em tratores e equipamentos de sistemas de navegação por satélite permite otimizar a execução e eficiência das operações como a plantação, adubação, correção de solo e aplicação de herbicidas, possibilitando também o controlo automático da operação.

As atuais plataformas permitem a recolha automática de dados no campo através de câmeras, sensores e dispositivos, em seguida enviados para o escritório via sinal rádio, GPRS, satélite ou cartão de memória, auxiliando a tomada de decisão e a gestão e planeamento das operações.

How a drone tractor works

lowe-based Kinze Manufacturing Inc. has partnered with Jaybridge Robotics of Massachusetts to develop an autonomous agricultural equipment system it plans to launch in spring 2012. The system is designed to increase productivity, reduce input costs, and operate safely and efficiently. Kinze has not disclosed the final cost to the farmer. The system's components:

A small industrial computer is mounted in the cabin. Electronics allow the computer to drive the tractor and link it with external equipment, like planters or grain bins. An inertial measurement unit gives the system directional awareness. Wireless and cellular networks provide communication between tractor and farmer.

Ag camera: Allows the human supervisor to monitor operations from a remote location.

LIDAR: Emits a laser beam to detect objects without high metal or water content, like a PVC standpipe or a wooden fence post.

Standard automotive radar system: Borrowed from modern adaptive cruise control systems. Good for detecting metal objects and objects with high water content like livestock and people.

Standard GPS system

Real time kinetic (RTK) GPS antenna: Provides accuracy to within 2-4 centimeters on the Earth's surface.

Sources: Jaybridge Robotics; Kinze Manufacturing, Inc.; Capital Press research; Alan Kieraga/Capital Press

The "brain"

The software enables everything to work together. Because the computer is not particularly powerful, algorithms written into the program are efficient and application-specific, but general enough to be modified for other uses.

2

Atualmente, os tratores e alfaia são controlados através de um sistema de controlo distribuído baseado em CAN e são dotados de localização GPS. No entanto, em ambiente florestal o GPS nem sempre funciona bem o suficiente para a máquina ser localizada de forma exata, algo necessário para o controlo da mesma. Como tal, são necessários algoritmos de localização e mapeamento

²Imagem obtida de seguinte fonte <http://www.jaybridge.com/solutions/agricultural-automation/>

simultâneos (*SLAM*)³. O protocolo CAN é também utilizado para o controlo de cabeças tais como guindastes e garras para carga através de electroválvulas. Porém, apesar da existência destas tecnologias, os condutores humanos continuam a controlar todos os movimentos de tais cabeças.

A percepção das máquinas é também um fator importante uma vez que, na floresta, uma das principais tarefas é detectar e parametrizar árvores de valor entre outras plantas e árvores sem valor. Esta tarefa é bastante difícil devido a variações de iluminação, arbustos, árvores jovens e ramos das árvores de valor. Para além do mais, tal percepção deve funcionar igualmente no inverno, quando pode existir uma altura considerável (pelo menos 1 metro) de neve a cobrir as árvores. O uso de soluções tecnológicas baseadas em laser 2D e 3D são bastante recorridas para modelar a floresta e as suas árvores e sistemas de apoio ao condutor das máquinas baseados em *SLAM* aparentam ser razoáveis e trazer alguns benefícios³.

Relativamente à locomoção na floresta, a maioria das máquinas usam rodas ou lagartas como mecanismo de locomoção, conseguindo mover-se em terrenos bastante exigentes da floresta com declives não muito íngremes. No entanto, como os terrenos montanhosos correspondem a uma grande porção das florestas, foi necessária a procura por novas soluções tecnológicas capazes de tornar a locomoção das máquinas mais eficiente neste tipo de terreno. Assim, surgiram as máquinas que possuem pernas hidráulicas e que são capazes de caminhar na floresta. Tais máquinas podem ser perigosas de operar por humanos em terrenos montanhosos, por isso elas devem ser tele-operadas³.

A tele-operação é bastante utilizada em carregadoras (“loaders”) para o processo de mineração. As grandes vantagens deste tipo de operação são a segurança e eficiência que advém da mesma, visto que um operador consegue controlar uma ou mais máquinas sem estar fisicamente presente em nenhuma delas. No caso de florestas de perfil mais montanhoso, a segurança deverá ser a principal razão para se usar máquinas tele-operadas³.

Na seguinte tabela, são apresentadas diversas operações efetuadas no espaço florestal, bem como soluções manuais, automatizadas e robotizadas existentes atualmente que auxiliam a execução das mesmas⁴.

³ Fonte: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-540-30301-5_47

⁴ Fonte: https://biotecfor.com/assets/media/results-s2/original/20200511_142044AzA.pdf

Tabela X - CCC

Operação	Soluções atuais
<u>Controlo de vegetação</u> - eliminação ou redução da vegetação espontânea existente em povoamentos, áreas de matos, taludes e caminhos florestais	● <u>Manual</u>: roçadouras, machados, foices, gadanhas. ● <u>Motomanual</u>: motorroçadoura, cortamatos, motosserra. ● <u>Mecanizada</u>: tratores de lagartas equipadas com diversas alfaías (cortamatos de facas ou correntes, cortamatos de martelos, grade de discos, destroçadoras, trituradoras). ● <u>Mecanizadas e tele-operadas</u>: máquinas de rastos com alfaías de desmatação (destroçadora), máquinas de pequeno porte capazes de usar cabeças de cortamato e de desbaste.
<u>Desramação e desbaste</u> - poda de ramos de árvores e/ou corte seletivo de árvores. A desramação é determinante para a valorização da madeira e pode ser relevante para casos de incêndio. Para zonas de elevada densidade arbórea, o desbaste pode ser seletivo mantendo-se árvores “de futuro” e retirando-se as restantes.	● <u>Manual</u>: serrote curvo, serra com extensão, foice com extensão, foice de lâminas circulares com extensão. ● <u>Motomanual</u>: podadoras de altura e motosserra. ● <u>Mecanizadas</u>: grua com cabeças de desbaste (corte é efetuado por lâmina ou por disco dentado), de trituração, garras para segurar a árvore após o corte. ● <u>Mecanizadas e tele-operadas</u>: máquinas trepadoras (trepam a árvore e o corte é efetuado com motosserra ou com lâminas fixas impulsionadas pelo movimento do próprio mecanismo).
<u>Corte final</u> - envolve as seguintes operações: ● <u>Abate</u>: corte da árvore pela sua base ● <u>Processamento</u>: pode envolver desrama, arranque de cepos, corte da bicada (parte superior da árvore com diâmetro inferior a 7 cm) e toragem (corte do tronco em toros). ● <u>Extração e recarga</u>: recolha de material lenhoso e transporte para zonas de carregamento.	● <u>Motomanual</u>: motosserras. ● <u>Mecanizada</u>: giratórias com cabeças processadoras, de corte transportadas por gruas articuláveis, “harvesters”, tratores com guincho, “forwarders” (transporte), “skippers” (arraste) equipados com garras e vagão atrelado.
<u>Seleção de varas</u> - torna os povoamentos com	<u>Manual</u> : motosserra.

viabilidade produtividade com objetivo comercial e contribui para a redução dos custos de instalação, manutenção e corte. As varas mais vigorosas e robustas são selecionadas e as outras são eliminadas.	
<u>Processamento de biomassa</u> - processamento de material que fica no solo (resultante da desmatação e desbaste) pode promover a cobertura do solo protegendo-o da erosão, contribuir para o aumento da matéria orgânica e nutrientes disponíveis, bem como criar condições de humidade e temperaturas mais favoráveis às plantas.	• <u>Mecanizado</u>: estilhadoras.
<u>Rearborização</u> - compreende diversas ações: • eliminação de matos; • eliminação de cepos; • mobilização do solo; • ações de plantação.	• <u>Manual</u>: pá, enxada, picareta, bengalas de plantação, furador plantador. • <u>Mecanizada</u>: trator industrial, trator de rastros, "bulldozer", alfaia de gradagem (grade de discos), escavadoras, rachadores, tratores com charrua ou "ripper", trator com charrua de aivecas.

- https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14942119.2009.10702573?casa_token=jDnkkmXIIJQAAAAA:8FhmiBybHjIJSxAfk-WP51nJwEXkVj9pPW17lpqT9ZKvSCHoUVimGCsktUbs9_xNd4ykAZzNSoUOA

3.2 Estado da arte de equipamentos de mobilização e de plantação

Equipamento ARD (Alfaia, Ripper e Discos) para Mobilização Localizada do Solo



HOME ABOUT PRODUCTS NEWS GALLERY CONTACT US NEWSLETTER

ECO-TIL BY SAVANNAH GLOBAL

Brochure

Pictures & Videos

Back to Products

Eco-Til™ is a patent pending High Impact, Minimal Tillage technique used when mounted behind a sub-soil plow and closes the rip-line and thoroughly fractures soil without any inversion. This technique uses offset coulters mounted in a Stump Jump™ configuration to harness the effect of lateral forces that thoroughly break soil bulk density uniformly across a 650cm wide x 40cm deep zone.

This technique provides the most ideal soil impact in areas with thin topsoils and erosion prone soils. The use of relieving coulters with the patented Stump Jump™ hydraulic relief system allows soil conditioning to be accomplished with minimal removal of previous harvest debris. Eco-Til™ is the most cost effective way to replace ripping and offset ripping typically provided with higher hp dozers. A D6N and up can pull a Eco-Til efficiently.

Illustration	Part Number	Part Name
	U203-001	Tomahawk 203 Mounted Bedding Plow
Description: • Three (3) Tomahawk High Lift Jump Arms • Three (3) 36" disks • 2.5 Gallon Hydraulic Accumulator • Width of Cut: 45m (1.3m) • NO PROFILE OPTION - Disk Angle less Aggressive to Create Less Bed Profile • Weight: 3,000 lbs (1360 kg) • Power: >100 hp 4 WD Tractor or Dozer • Mounting Options: (See 200 Series Attachments)		

Illustration	Part Number	Part Name
	U204-001	Tomahawk 204 Mounted Bedding Plow
Description: • Four Tomahawk High Lift Jump Arms • Four (4) 32" disks • 12" spacing between disk for finer tillage • 2.5 Gallon Hydraulic Accumulator • Width of Cut: 60 (1.8m) • Weight: 3850 lbs (1750 kg) • Power: >125 hp 4WD Tractors • Mounting Options: (See 200 Series Attachments)		

A mecanização da operação de plantação é atualmente uma realidade

Plantação

Cabeça Bracke e Risutech
Instalado em escavadora de rastros
Possibilidade de realizar várias operações:
mobilização, plantação, adubação, irrigação



Sistema compreende dois buldózer. O primeiro rasga o solo o segundo planta.

<https://www.forestry.com/editorial/komatsu-d61em-planter/>

A plantadora pode executar três linhas de plantação em simultâneo.





3.3 Estado da arte de equipamentos para adubação

Nos equipamentos de adubação os sistemas de taxas fixas proporcionam boa uniformidade na aplicação do fertilizante, no entanto não consideram as variações de atributos físico-químicos que os solos apresentam. Assim, com o objectivo de realizar uma gestão diferenciada de cada área em particular, surgem os sistemas de aplicação à taxa variável, que realizam a distribuição localizada do adubo de acordo com a variabilidade local. A tecnologia de aplicação em taxa variável de fertilizantes é realizada em 3 fases: recolha de informação de dados de campo, interpretação dos dados e aplicação localizada de adubo.

[HOME](#)
[ABOUT](#)
[PRODUCTS](#)
[NEWS](#)
[GALLERY](#)
[CONTACT US](#)
[NEWSLETTER](#)

PRECISION APPLICATION

[Back to Products](#)

[Pictures & Videos](#)
[Brochure](#)

Illustration	Part Number	Part Name
	U1610-001	FERTILIZER HOPPER w/HYDRAULIC DRIVE DISPENSER (0.75m3)
Description: - Hydraulic Drive Fertilizer Applicator 0.75m3 Capacity - Adapter for Mounting Fertisystem® Precise Auger Dispensing System - Variable Rate Control System is an optional feature, includes mounting options that integrate with Verion or Arvus hydraulic or 24V Fertisystem drives. - Hopper Options: - Material: Carbon Steel (Stainless Steel Optional) - Capacity: 0.75m3 granular fertilizer capacity - Weight 150kg empty		
	U1610-002	FERTILIZER HOPPER w/24V DC SERVO DRIVE DISPENSER (0.75m3)
Description: - Hydraulic Drive Fertilizer Applicator 0.75m3 Capacity - Adapter for Mounting Fertisystem® Precise Auger Dispensing System - Variable Rate Control System is an optional feature, includes mounting options that integrate with Verion or Arvus hydraulic or 24V Fertisystem drives. - Hopper Options: - Material: Carbon Steel (Stainless Steel Optional) - Capacity: 0.75m3 granular fertilizer capacity - Weight 150 kg empty		
	U1610-001	FERTILIZER HOPPER w/24V DC SERVO DRIVE DISPENSER (1.0 m3)
Description: 24V Drive Fertilizer Applicator 1.0 m3 Capacity - Patented Fertisystem® Precise Auger Dispensing System - Mounting base fits Savannah® 400 Series Sub-soiling Systems. - Variable Rate Control System uses GPS Speed Input with mapping capabilities. - Guidance feature optional - Weight 230 kg empty		
	S1610-006	FERTILIZER HOPPER MOUNTING STAND FOR 1500 KG HOPPER
Description: Weight 100kg		

Na adubação de precisão, além de se obter informações precisas quanto à localização dos equipamentos no campo e controlar a velocidade e o sentido de deslocamento do conjunto mecanizado, o sistema de posicionamento georreferenciado de todas as informações pertinentes às taxas de aplicação do fertilizante, gerando um mapa dos tratamentos e aplicações realizados. Este, juntamente com os mapas de produtividade da estação, obtidos na exploração e os mapas de atributos físico-químicos do solo, que podem ser obtidos por amostragem (zonagem) georreferenciada, são de fundamental importância para posterior análise das etapas produtivas, permitindo a identificação dos fatores limitantes para a produção florestal.

3.4. Estado da arte de equipamentos para controlo da vegetação

Em relação aos equipamentos para controlo de vegetação espontânea o desafio é realizar um controlo efectivo na linha de plantação sem danificar a espécie produtiva. Existem vários equipamentos aplicados em cultura permanente (ex: vinha), que executam o corte da vegetação espontânea na linha, evitando o contacto com a cultura, com recurso a sensores físicos e ou digitais.

Alguns exemplos de controlo de vegetação, corta-matos intercepas, na linha de plantação entre plantas:

Comentado [8]: INESC TEC, fravizel; questionar Trigger até 30 Dez

Comentado [9R8]: Maria (TNC)

<u>Intercepas</u> Pontos fortes • <u>Working with close strains (60 cm)</u> • <u>Sensor de movimento</u> • <u>Unidade de corte pode ser substituída por outra alfaia ou ferramenta ajustável</u> Ponto fraco • <u>Utilização apenas em vinha</u>	 Especificação técnica • <u>Largura de trabalho 50 a 75cm</u> • <u>Sistema hidráulico independente para deslocação automática de braço lateral de 40cm</u> • <u>Sensor de altura e sensibilidade ajustável</u> • <u>Profundidade de trabalho variável de 2 a 12cm</u> • <u>Acoplamento ajustável ao centro do tractor, para trabalho em diferentes larguras de entrelinha</u>
Entrelinha Psener https://www.psenner.eu/en/wurzelschneider.php Vantagem: <u>agarra, escava e enterra as ervas</u> Desvantagem: <u>Utilização em vinhas</u>	
Capinadeira intercepas	
Outros referências e links de equipamentos semelhantes http://www.boisselet.fr/	

<https://www.youtube.com/watch?v=R87xi5iEcHY>

Freilauber Rollhacke Weinbau

<https://www.freilauber.de/en/products/roller-hoe-viticulture/roller-hoe-hsw-rear-mounted/>

Berti EcoRow/D:

<https://www.youtube.com/watch?v=8ZwSZ5FHaaQ>

shredder with Rotary slasher /Trituradora con Girosegadora

Пристовбурова фреза CALDERONI FPS 80ER

Demonstração capinadeira intercepas Solar de serrades

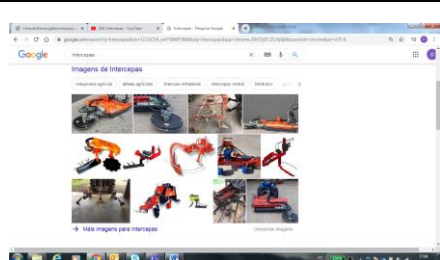
<https://www.talkag.com/post/?src=7690>

Intercepas e inter arvores ID - David Espanha

<https://id-david.com/en/productos/>

Video Ecorow/D

[https://www.agriterra.pt/Artigos/309014-Bio-triturador-\(ficha-de-produto\).htm](https://www.agriterra.pt/Artigos/309014-Bio-triturador-(ficha-de-produto).htm)



Deste modo, verifica-se que para a floresta ainda não existem soluções mecanizadas para o controlo efetivo de vegetação espontânea, herbácea e lenhosa, eficaz e que responda às necessidades, na linha de plantação.

4. Arquitectura de Informação e interoperabilidade

4.1. Informação relevante para monitorizar as operações de instalação e manutenção do povoamento

Tabela X - CCC	
Mobilização do terreno	● profundidade de mobilização (1) ● posicionamento submétrico (2) ● Humidade do solo (3)

Comentado [10]: requisito (precisao inferior a 10 cm)

Adubação (aplicações sólidas)	● posicionamento submétrico da máquina quando aplica o adubo (2) ● taxa variável (VRT: <i>variable rate technology</i> (1)): quantidade de aplicação por unidade de espaço: adubar de forma homogênea o terreno e também adubar cada parcela de acordo com as necessidades do local
Irrigação/aplicação de fitofármacos líquidos	● posicionamento submétrico da máquina quando aplica o fitofármaco (2) ● taxa variável (VRT: <i>variable rate technology</i>)(1): quantidade de aplicação por unidade de espaço: adubar de forma homogênea o terreno e também adubar cada parcela de acordo com as necessidades do local
Controlo de vegetação	● Densidade da vegetação herbácea e lenhosa (3) ● “Braço de limpeza” com possibilidade de posicionar o braço atendendo à densidade (?) (1) Para cada árvore da envolvente do equipamento: (2) ● posicionamento da árvore ● diâmetro ● altura
Para qualquer operação	Por máquina: ● posicionamento (com erro maior do posicionamento submétrico) (2) ● a funcionar ou não está (2) ● se está em movimento (2) ● velocidade de deslocamento (2) ● consumo de combustível (e óleo?) (2) ● temperatura e humidade do ar e velocidade do vento (2) Registado na máquina (dispositivo da cabine, por operador):(3) ● operador ● empresa ● contrato ● propriedade

(1) mais prioritário; (2) prioritário; (3) menos prioritário

Com base nisto queremos calcular os seguintes **indicadores**, funcionalidades e mapas temáticos:

- para visualizar na cabine (de apoio ao operador do trator):

- Possibilidade de **condução assistida na cabine** (que existe nos tratores agrícolas) para construir um modelo automático de desenho das linhas de mobilização, a máquina ela própria vai ajustando, sem precisar de “guias” instaladas no terreno.

- Possibilidade de **Cerca eletrônica**, ie, identificar locais do terreno onde a máquina tem restrições de acesso (p.e., proximidade de linhas de água, espécies de conservação)
- **Alerta relacionado com a temperatura e humidade do ar e velocidade do vento (para efeitos de indicador de risco de incêndio)**

- para o controlo central:

- Taxa de consumo de combustível (por equipamento)
- **Paragem do equipamento devido a condições de risco vs. alertas automáticos calculados nos equipamentos**
- Quantidade de vegetação removida por máquina, calcular a partir da densidade e máquina em movimento - é relevante?
- Produtividade dos equipamentos: OEE
- **Mapa de diâmetros do povoamento na proximidade do equipamento, recolhidos automaticamente pelo trator quando faz a limpeza de matos; medir altura nos limites do povoamento e ter estimativas de volumes**

4.2. Captação de dados / sensorização

Para a automatização de processos e monitorização do estado da máquina e estado da cultura/meio envolvente, as máquinas e/ou ferramentas necessitam de estar dotadas de sensores capazes de medir/estimar as diferentes grandezas/informação apresentadas na tabela seguinte:

Tabela X - CCC		
Informação a captar / dados	Dispositivo/Técnica	Operação ⁵
Profundidade	Sonar, LiDAR, Cameras Stereo, <i>Ground Penetrating Radar</i>	3
Posicionamento submétrico	GNSS de alta precisão (tipicamente RTK ou Galileo com subscrição de serviço), Técnicas de SLAM	1,2,3,4
Humidade do solo	Sensor de humidade do solo (ex. condutivímetros)	1,2
Temperatura do solo	Sensor de temperatura	1,2
Quantidade de nutrientes no solo	Manual (recolha de amostra e envio para laboratório), Automática com sensores espectrometria mas ainda em TRLs baixos	1,2,4
Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	Manual (fita métrica), LiDAR ou câmara stereo	4

⁵ 1 - Adução, 2 - Irrigação, 3 - Mobilização, 4 - Controlo de vegetação

Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	Receptores GNSS, Odometria	3
Caudal/taxa de aplicação	Caudalímetros	1,2
Identificação e classificação da vegetação	Manual, Imagem e reconhecimento de imagem	4
Propriedades do trator (se está em funcionamento, se está em movimento, consumo de combustível)		

4.3. Standards de informação e comunicação de dados

Para a comunicação de dados e transferência para os servidores centrais e comunicação entre dispositivos ciber-físicos, máquinas e alfaia podemos encontrar pelo menos 4 standards relevantes.

Tabela X - CCC				
	J1939	ISOBUS (J1939 extendido)	StanForD	AIM
Camada física (ao nível eléctrico)	X	X		
Específica ficheiros		X	X	X
Entre Dispositivos	X	X		X
IoT/Sistemas ciberfísicos				X
Entre Máquinas e Computadores		X (ISOXML)	X	
Entre Máquina e servidores (CLOUD)				X
Aberto	Pago SAE	Pago ISO	Gratuito	Gratuito
Bibliotecas open source	J1939 JNI ⁶	ISOAglib, ISOBLUE		DEMETER

⁶ <https://zenodo.org/record/54624#.YBFOnbLduS>

J1939

O J1939 é um *standard* cuja origem advém da SAE (*Society of Automotive Engineers*) e que especifica como componentes comunicam através de um barramento CAN (*Controller Area Network*) em veículos de trabalho pesados.

O CAN especifica a camada física e de ligação de dados do modelo de sete camadas OSI (*Open System Interconnect*) enquanto que o J1939 fornece um protocolo de camada superior. Tal protocolo abrange as duas camadas mais superiores do modelo OSI – camada de apresentação e aplicação - e especifica como os dados devem ser convertidos para serem facilmente lidos e entendidos por humanos.

As aplicações mais comuns deste *standard* são em veículos pesados como máquinas florestais e máquinas agrícolas.

ISOBUS

O ISOBUS é a designação comercial comum dada à norma ISO 11783 intitulada como Tratores e máquinas para a agricultura e floresta – Controlo série e rede de transferência de dados (*Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network*). Este *standard* especifica a rede de dados série para o controlo e comunicações para tratores agrícolas e florestais e para implementos montados, semi-montados, rebocados e automotores. O seu objetivo é normalizar o método e o formato de como os dados são transferidos entre sensores, atuadores, elementos de controlo, e de como estes são mostrados e armazenados, independentemente do trator ou implemento. O *standard* pretende assim, sistematizar as comunicações entre dispositivos agrícolas e florestais, tomando como referência a arquitetura em sete camadas do modelo OSI (*Open System Interconnect*) – ISO 7498. O ISO 11783 é implementado sobre o protocolo de comunicações CAN (*Controller Area Network*) que é sistematizado pela norma ISO 11898 e SAE J1939.

O ISOBUS está dividido em 14 partes, sendo que uma das partes, nomeada de “ISO 11783-13 - Servidor de Arquivos”, especifica o **ISOXML** como ficheiro de dados típico para a passagem de informação, como o planeamento de tarefas para a rede ISOBUS.

StanForD

O StanForD é um *standard* global para máquinas florestais que estandardiza o conteúdo das mensagens, em formato XML, que devem ser enviadas e recebidas pelas máquinas. Máquinas que suportem esta *standard*, é um indicativo de que as mesmas possuem controladores integrados no *harvester* ou *forwarder* que lhes permitem registar de forma automática a informação discriminada no *standard* e no formato de dados também definido pelo *standard* e disponibilizar esta informação num “ficheiro StanForD”.

Uma das aplicações mais importantes deste *standard* é no chamado controlo de produção (*control*), que consiste no envio, para o operador do *harvester*, de instruções de corte (*bucking lists*) com a identificação da mistura de espécies e comprimentos de toros mais adequados às necessidades do

consumo atual da indústria. Outra aplicação igualmente importante é o *reporting* da produção (*production reporting*), que corresponde ao envio dos volumes dos toros explorados por cada *harvester*, que são caracterizados de acordo com um conjunto de atributos, incluindo a empresa que executa a exploração florestal e o cliente industrial. Recentemente, surgiram outras aplicações do *standard* que incluem: a monitorização das operações (*operations monitoring*) - registo de cada processo de trabalho individual (por operador e por máquina); e o controlo de qualidade e calibrações (*quality assurance and calibration*) - assegura a exatidão das medidas de comprimento, diâmetro e peso realizadas pelos sistemas.

AIM (DEMETER)

O AIM (*Agricultural Information Model*) está desenvolvido em cima do NGSI-LD e JSON-LD e faz uso da uma estratégia de três camadas (*core metamodel*, *cross-domain*, *domain*) de forma semelhante ao NGSI-LD, e reutiliza os *core metamodels*. No entanto, ao contrário do NGSI-LD, o AIM melhora a interoperabilidade usando referência semântica.

Por isso, modelos *cross-domain* e *domain*, são construídos através da reutilização de vários *standards* e/ou vocabulários e ontologias com semânticas bem definidas.

O NGSI-LD é definido em três níveis. No nível mais alto, existem as chamadas *foundation classes* que correspondem ao *core meta-model* (especificação do modelo de grafo de propriedades) e a ontologia *cross-domain* (inclui um conjunto de classes genéricas e transversais cujo objetivo é evitar conflitos ou definições redundantes das mesmas classes em cada uma das ontologias específicas de domínio). Abaixo destes dois níveis, são criadas ontologias ou vocabulários específicos de domínio.

O NGSI-LD usa o JSON-LD como principal formato de serialização, o que fornece uma grande vantagem: os termos podem ser definidos num documento à parte, referenciado por um *context statement*. Em particular, o *context* no JSON-LD é usado para mapear termos formados por conjuntos de caracteres (*strings*) para conceitos especificados como URIs (*Uniform Resource Identifiers*) que identificam inequivocamente um recurso particular.

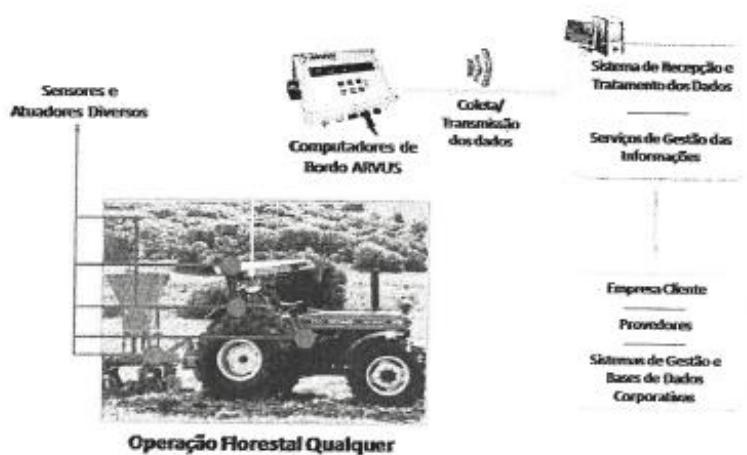
5. Arquitectura de aplicações e análise de requisitos

Os processos de negócio, a análise do estado da arte e a arquitetura de informação permitiram identificar a arquitectura de aplicações para a instalação e manutenção de povoamentos florestais e seus componentes principais a desenvolver no âmbito do projeto REPLANT (ver figura x).

Figura x - Arquitectura das aplicações a desenvolver para instalação e manutenção de povoamentos florestais

Comentado [11]: INESC TEC, por favor fazer, inspirar no do relatório E3.1.

ARVUS, 2011 in “Eucaliptocultura no Brasil”



- ARD (Alfaia, Ripper e Discos) para Mobilização Localizada do Solo para Plantação
- Corta-mato mecânico para linha e entrelinha, com opção de aplicação de herbicida na linha,
- Corta-mato mecânico para linha, com adubação taxa variável,
- Robô para Limpeza e Recolha de Biomassa Florestal.
- BD e IoT...

5.1. Módulo de automação e sensorização (IoT) e visualização de dados

Tabela X - CCC	
Requisitos	Detalhe
Estruturais	O projecto Replant irá adoptar o módulo AgIoT desenvolvido pelo INESC TEC

	como solução modular para incorporação nas as alfaia a serem desenvolvidas no âmbito deste projecto.																															
Funcionais	• Compatível com os standards definidos na secção 4.3 •																															
Técnicos / mecânicos:	• Capacidade de actuar até 6 electroválvulas até 8 Amps • Capacidade de actuador eléctrico bi-direccional até 6 Amps • funcionar de 8V a 28V • Compatível com os seguintes sensores: • Sonar (i2c, rs232) • LiDAR (ethernet, SPI) • Câmeras Stereo (ethernet, USB) • Ground Penetrating Radar () • Temperatura (Analógica, 4-20ma, Série, i2c) • Humidade (Analógica, 4-20ma, Série, i2c) • Sensor de Nutrientes (ISOBUS)																															
de informação	<table> <tr> <th></th><th>Disponibilizar</th><th>Formato</th></tr> <tr> <td>Profundidade</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Posicionamento submétrico</td><td>SIM</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Humidade do solo</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Temperatura do solo</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Quantidade de nutrientes no solo</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Caudal/taxa de aplicação</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> <tr> <td>Identificação e</td><td>Opcional</td><td>AIM e ISOXML</td></tr> </table>			Disponibilizar	Formato	Profundidade	Opcional	AIM e ISOXML	Posicionamento submétrico	SIM	AIM	Humidade do solo	Opcional	AIM e ISOXML	Temperatura do solo	Opcional	AIM e ISOXML	Quantidade de nutrientes no solo	Opcional	AIM e ISOXML	Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	Opcional	AIM e ISOXML	Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	Opcional	AIM e ISOXML	Caudal/taxa de aplicação	Opcional	AIM e ISOXML	Identificação e	Opcional	AIM e ISOXML
	Disponibilizar	Formato																														
Profundidade	Opcional	AIM e ISOXML																														
Posicionamento submétrico	SIM	AIM																														
Humidade do solo	Opcional	AIM e ISOXML																														
Temperatura do solo	Opcional	AIM e ISOXML																														
Quantidade de nutrientes no solo	Opcional	AIM e ISOXML																														
Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	Opcional	AIM e ISOXML																														
Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	Opcional	AIM e ISOXML																														
Caudal/taxa de aplicação	Opcional	AIM e ISOXML																														
Identificação e	Opcional	AIM e ISOXML																														

	classificação da vegetação		
	Interface de dados e Armazenamento		
	Interface Local	Terminal ISOBUS / Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi	
	Mapas de prescrição	ISOXML/AIM	
	Envio dados para cloud	LTE (GSM) e LoRa	

Comentado [12]: quem vai gerar isto?

Comentado [13]: AGATEWAY: associação que junta agricultores e prod. de máquinas: têm um módulo que converte shape file em ISOXML

5.2. ARD para mobilização localizada do solo para plantação

Tabela X - CCC	
Requisitos	Detalhe
Estruturais	a. O equipamento destina-se à mobilização de solo parcial, permitindo a realização da gradagem e posteriormente, a ripagem (subsolagem) a uma profundidade que pode variar entre 40 e 60cm. b. O equipamento terá que assegurar a realização de faixas ou linhas, deixando o solo na entrelinha sem distúrbios. Estas linhas devem manter um nível de vegetação espontânea que constitua um risco mínimo para os incêndios, e em simultâneo satisfaça as necessidades de preparação do solo para o desenvolvimento das novas plantas, crie condições de retenção de água e de exploração dos nutrientes. c. O equipamento deve conter uma dimensão e uma potência que permitam acoplá-lo a uma pequena máquina giratória capaz de circular por terrenos de pequena dimensão e com declive acentuado, com um maior eficiência operacional.
Funcionais	d. Assegurar uma maior infiltração e um maior armazenamento de água no solo, reduzindo a sua temperatura do solo e garantindo um maior sequestro de carbono; e. Viabilizar a ripagem do terreno homogênea, evitando oscilações e levante do ripper. f. Desenvolver uma tecnologia ambientalmente ajustadas e

Comentado [14]: isto são indicadores que importa monitorizar? se sim, colocar na arq. de aplicações.

	economicamente mais vantajosas face a práticas tradicionais que, por vezes, conduzem a situações de erosão do solo, baixa produtividade e riscos ambientais por utilização inadequada dos meios; g. Proporcionar a retirada de biomassa para energia, i.e. o arranque dos cepos, mas deixando no solo a totalidade das raízes por forma a aumentar os níveis de matéria orgânica.																		
Técnicos / mecânicos:	h. Integração de sensor de profundidade na ripagem: a profundidade da operação de ripagem pode ser monitorizada com sensores no tractor e/ou no dente de ripper; i. Receptor GNSS interno: baseado em receptor GNSS calcula a posição da alfaia para apoiar o posicionamento das linhas de plantação; j. Sensores de deslocamento ("condução assistida???"): sensores para medição de deslocamento ou da velocidade, baseado em GNSS para medição de distância; para incorporação de mapas e seguimento das linhas de plantação.																		
de informação	k. Comunicação dos referidos sensores a incorporar na alfaia e a informação gerada, deverá ser armazenada por forma a possibilitar a geração de mapas para disponibilizar na cabine do tractor e também em backoffice, como: mapa com trajetória das máquinas, linhas de plantação, largura média de trabalho realizado; mapa de profundidade de ripagem, com dados estatísticos de áreas trabalhadas; Relatórios com informação estatística detalhada da operação, com dados de rendimento diário individual das máquinas, velocidade de operação, área trabalhada, etc. <table><tr><th></th><th>Disponibilizar</th><th>Formato</th></tr><tr><td>Profundidade</td><td>SIM</td><td>AIM e ISOBUS</td></tr><tr><td>Posicionamento submétrico</td><td>SIM</td><td>AIM e ISOBUS</td></tr><tr><td>Humidade do solo</td><td>TALVEZ</td><td>AIM e ISOBUS</td></tr><tr><td>Temperatura do solo</td><td>TALVEZ</td><td>AIM e ISOBUS</td></tr><tr><td>Quantidade de nutrientes no solo</td><td>TALVEZ</td><td>AIM e ISOBUS</td></tr></table>		Disponibilizar	Formato	Profundidade	SIM	AIM e ISOBUS	Posicionamento submétrico	SIM	AIM e ISOBUS	Humidade do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS	Temperatura do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS	Quantidade de nutrientes no solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS
	Disponibilizar	Formato																	
Profundidade	SIM	AIM e ISOBUS																	
Posicionamento submétrico	SIM	AIM e ISOBUS																	
Humidade do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS																	
Temperatura do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS																	
Quantidade de nutrientes no solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS																	

Comentado [15]: este requisito parece-me vago. considerar eliminar.

Comentado [16]: Condução assistida não se enquadra no projecto (muito esforço e tempo requerido, e não é directamente aplicável a todas as máquinas)

Comentado [17]: Armazenada onde localmente ou cloud?

Comentado [18]: onde, no telemóvel, consola do tractor (ISOBUS sim, J1939 não possível neste projecto)?

	Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	NÃO	AIM e ISOBUS
	Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	SIM	AIM e ISOBUS
	Caudal/taxa de aplicação	NÃO	
	Identificação e classificação da vegetação	NÃO	
	Interface de dados e Armazenamento		
	Interface Local	Terminal ISOBUS / Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi	
	Mapas de prescrição	ISOXML/AIM	
	Envio dados para cloud	LTE (GSM) e LoRa	

5.3. Corta-mato mecânico para linha e entrelinha, com opção de aplicação de herbicida na linha

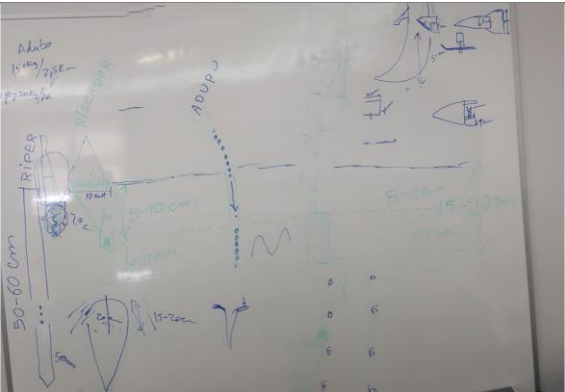
Tabela X - CCC	
Requisitos	Detalhe
Estruturais	O equipamento destina-se às operações de limpeza na linha e na entre linha, e deve ser parametrizado com os s • Área de trabalho • Configuração do equipamento (pesos max , largura max, compr , etc) • Consumos de combustíveis • Durabilidade • Velocidade de trabalho
Funcionais	1.1. O equipamento deverá operar na limpeza de linhas de

	1.2. plantação, em que a largura entre plantas é de 3 a 4 metros; Deve poder operar em zonas de declives e socacos dado que 70% das propriedades no o Zona centro e norte do país estão nestas condições.																																										
Técnicos / mecânicos:																																											
de informação	<table> <tr> <th></th> <th>Disponibilizar</th> <th>Formato</th> </tr> <tr> <td>Profundidade</td> <td>SIM</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Posicionamento submétrico</td> <td>SIM</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Humidade do solo</td> <td>TALVEZ</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Temperatura do solo</td> <td>TALVEZ</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Quantidade de nutrientes no solo</td> <td>TALVEZ</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)</td> <td>NÃO</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator</td> <td>SIM</td> <td>AIM e ISOBUS</td> </tr> <tr> <td>Caudal/taxa de aplicação</td> <td>NÃO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Identificação e classificação da vegetação</td> <td>NÃO</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Interface de dados e Armazenamento</td> </tr> <tr> <td>Interface Local</td> <td colspan="2">Terminal ISOBUS / Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi</td> </tr> <tr> <td>Mapas de prescrição</td> <td colspan="2">ISOXML/AIM</td> </tr> <tr> <td>Envio dados para</td> <td colspan="2">LTE (GSM) e LoRa</td> </tr> </table>		Disponibilizar	Formato	Profundidade	SIM	AIM e ISOBUS	Posicionamento submétrico	SIM	AIM e ISOBUS	Humidade do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS	Temperatura do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS	Quantidade de nutrientes no solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS	Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	NÃO	AIM e ISOBUS	Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	SIM	AIM e ISOBUS	Caudal/taxa de aplicação	NÃO		Identificação e classificação da vegetação	NÃO		Interface de dados e Armazenamento			Interface Local	Terminal ISOBUS / Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi		Mapas de prescrição	ISOXML/AIM		Envio dados para	LTE (GSM) e LoRa	
	Disponibilizar	Formato																																									
Profundidade	SIM	AIM e ISOBUS																																									
Posicionamento submétrico	SIM	AIM e ISOBUS																																									
Humidade do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS																																									
Temperatura do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS																																									
Quantidade de nutrientes no solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS																																									
Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	NÃO	AIM e ISOBUS																																									
Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	SIM	AIM e ISOBUS																																									
Caudal/taxa de aplicação	NÃO																																										
Identificação e classificação da vegetação	NÃO																																										
Interface de dados e Armazenamento																																											
Interface Local	Terminal ISOBUS / Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi																																										
Mapas de prescrição	ISOXML/AIM																																										
Envio dados para	LTE (GSM) e LoRa																																										

	cloud	
--	-------	--

5.4. Corta-mato mecânico para linha com adubação taxa variável

Tabela X - CCC	
Requisitos	Detalhe
Estruturais	A adubação de cobertura nas áreas florestais é feita de forma convencional, manual ou mecanizada, considerando-se apenas as necessidades gerais médias da parcela e distribui-se o fertilizante, desprezando as variações locais existentes. Além disso, durante a operação podem ocorrer variações na distribuição do adubo relacionadas com a superfície do terreno e com ajustes do equipamento. Problema do disco a limpar antes do ripper. Não pode ser muito afastado do buldozer. Quando o ripper é enterrado não há espaço para o disco. Plano B – Lâmina frontal para limpeza
Funcionais	1- Mapeamento das linhas de trabalho; 2- Adubação de taxa fixa e taxa variável. Antes da máquina ir ao terreno o mapa diz as necessidades. Mapa de prescrição. INESC TEC já faz com herculano; 3- Propõem alteração de disco de adubagem. Em vez de ser <> e mais alto. Em solos húmidos ou arenosos fecha mais. Disco Adubador Adubo de Fósforo Cálcio 10-20cm do adubo

Técnicos / mecânicos:	- Taxa variável aplicar a quantidade certa no lugar certo em cada campo para obter o melhor resultado. ajustar a taxa de aplicação do adubo automaticamente de acordo com o mapa de prescrição pré-planeado. - Incorporação de sensor de fluxo: um dos maiores desafios das operações mecanizadas é garantir que adubos, fertilizantes, sementes e herbicidas sejam aplicados na quantidade desejada. No caso de aplicação de adubo à taxa variável esta pode realizar-se com base em mapas georreferenciados, em que a cada segundo, o computador consulta o GPS para obter a velocidade e a posição e, com estes dados e a dosagem recomendada, a velocidade da doseadora é calculada. A partir desse momento, a doseadora é acionada de modo a garantir que a dosagem correcta é aplicada. - Integração da orientação GPS (pode conduzir o tractor por si). A direcção automática segue as linhas de caminho com precisão e reduz as sobreposições, economizando tempo, combustível e dinheiro; obtenção de informações precisas mesmo em condições de baixa luminosidade, empoeiradas ou com neblina, dia ou noite, porque as orientações baseadas em GPS identificam a localização exacta no campo. Adubação Não dá logo a seguir ao ripper por causa do controlo de altura Tem de ser a seguir ao disco central (riscador) Alterar disco para afundar 20cm. 150-200kg / Ha . 80g/m linear  Desenho da especificação preliminar da alfaia
de informação	

	Disponibilizar	Formato
Profundidade	SIM	AIM e ISOBUS
Posicionamento submétrico	SIM	AIM e ISOBUS
Humidade do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS
Temperatura do solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS
Quantidade de nutrientes no solo	TALVEZ	AIM e ISOBUS
Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	NÃO	AIM e ISOBUS
Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	SIM	AIM e ISOBUS
Caudal/taxa de aplicação	NÃO	
Identificação e classificação da vegetação	NÃO	
Interface de dados e Armazenamento		
Interface Local	Terminal ISOBUS / Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi	
Mapas de prescrição	ISOXML/AIM	
Envio dados para cloud	LTE (GSM) e LoRa	

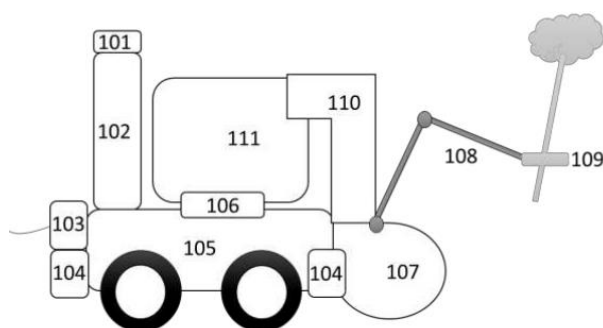
5.5. Robô para Limpeza e Recolha de Biomassa Florestal

Tabela X - CCC	
Requisitos	Detalhe

Estruturais

A ser inspirado na patente "A FORESTRY AUTONOMOUS VEHICLE"⁷:

- sistema sensorial
- unidade de processamento / computador
- rodas elétricas
- guincho
- baterias
- braço robótico e "end-tool"
- picadora / trituradora
- recipiente de biomassa



Legenda da imagem acima:

101	Sensores óticos
102	Unidade de processamento
103	Guincho
104	Conector universal
105	Plataforma móvel elétrica
106	Caixa de transporte
107	Trituradora
108	Braço robótico
109	"end-tool"
110	Tubo de escoamento
111	Caixa de transporte

⁷ código de patente é o EP20214335

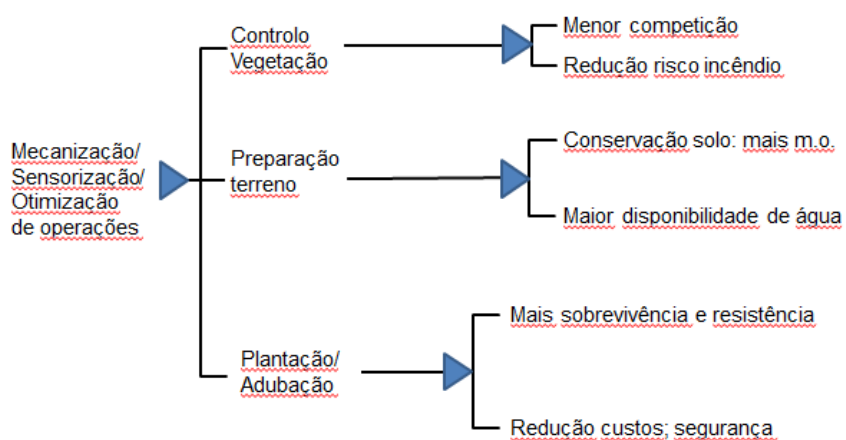
Funcionais	• Monitorização • Limpeza • Selecção de varas (extra projecto) • Plantação (extra projecto)																															
Técnicos / mecânicos:																																
de informação	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Disponibilizar</th><th>Formato</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profundidade</td><td>NÃO</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Posicionamento submétrico</td><td>SIM</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Humidade do solo</td><td>TALVEZ</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Temperatura do solo</td><td>TALVEZ</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Quantidade de nutrientes no solo</td><td>NÃO</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)</td><td>SIM</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator</td><td>SIM</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Caudal/taxa de aplicação</td><td>NÃO</td><td>AIM</td></tr> <tr> <td>Identificação e</td><td>SIM</td><td>AIM</td></tr> </tbody> </table>			Disponibilizar	Formato	Profundidade	NÃO	AIM	Posicionamento submétrico	SIM	AIM	Humidade do solo	TALVEZ	AIM	Temperatura do solo	TALVEZ	AIM	Quantidade de nutrientes no solo	NÃO	AIM	Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	SIM	AIM	Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	SIM	AIM	Caudal/taxa de aplicação	NÃO	AIM	Identificação e	SIM	AIM
	Disponibilizar	Formato																														
Profundidade	NÃO	AIM																														
Posicionamento submétrico	SIM	AIM																														
Humidade do solo	TALVEZ	AIM																														
Temperatura do solo	TALVEZ	AIM																														
Quantidade de nutrientes no solo	NÃO	AIM																														
Caracterização de árvores (densidade, posição, altura e diâmetro)	SIM	AIM																														
Posicionamento e velocidade de deslocamento do trator	SIM	AIM																														
Caudal/taxa de aplicação	NÃO	AIM																														
Identificação e	SIM	AIM																														

	classificação da vegetação		
	Interface de dados e Armazenamento		
	Interface Local	Telemóvel / Tablet / Portátil via WiFi	
	Mapas de prescrição	ISOXML/AIM	
	Envio dados para cloud	LTE (GSM) e LoRa	

6. Cenários de Demonstração

Antevisão dos cenários de demonstração, descrevendo as diferentes tipologias de campos de ensaio e o tipo de ensaios a efectuar, assim como uma previsão das variáveis a identificar

Esquema conceptual



7. Referências bibliográficas

Portugal A. e outros, 2003. Princípios de Boas Práticas Florestais, Lisboa.

Cunha V. 2015. Instalação de ensaios com diferentes mobilizações de solo na espécie Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), Mestrado em Recursos Florestais, Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária de Coimbra.