



# Roteiro I&D para máquinas e alfiás florestais

2019-2030

## **Autores:**

André Bianchi Figueiredo  
Ricardo Reis Germano  
Filipe Neves dos Santos

## **Contribuição/Revisão:**

Jorge Cunha  
Alexandra Marques

## Cofinanciado:

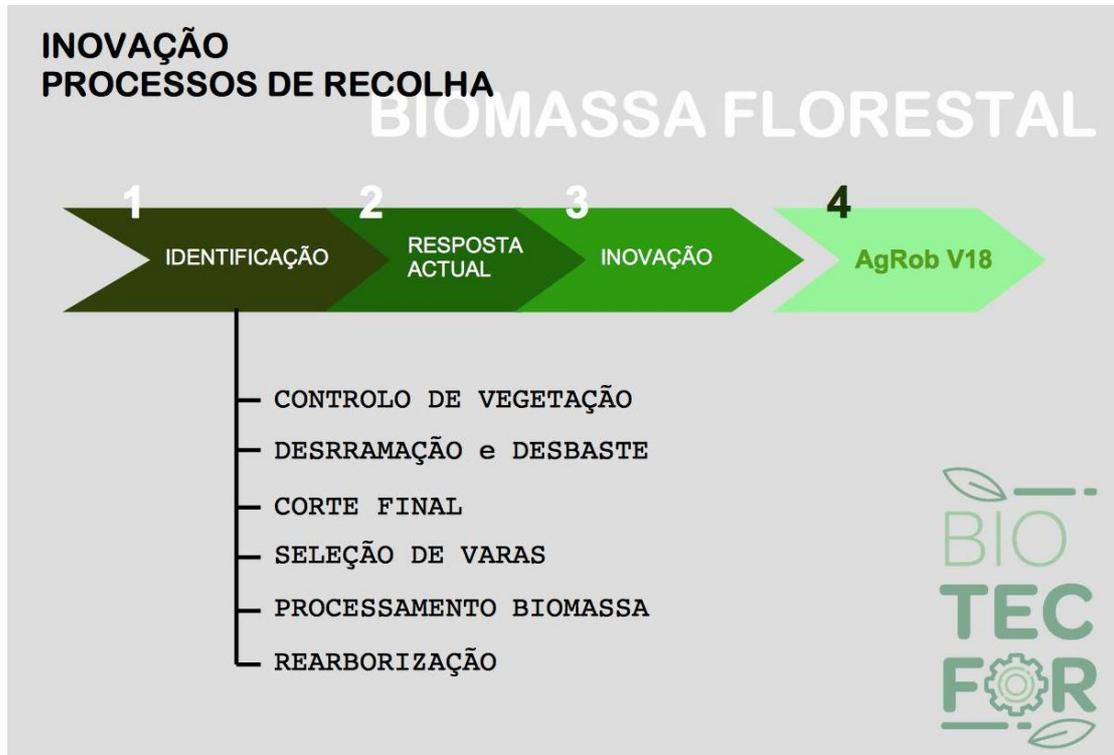




## Prefácio

O projeto BIOTECFOR (Bionegócios e tecnologia para a valorização eficiente dos recursos florestais endógenos no Norte de Portugal e Galiza) é um projeto de cooperação Transfronteiriço Espanha-Portugal (POCTEP). BioTecFor ambiciona promover o aumento dos níveis de eficiência na utilização dos recursos florestais, através da aplicação de Sistemas Robóticos Inteligentes, na sua recolha e processamento bem como na busca de novas aplicações para novos materiais, contribuindo para o desenvolvimento da bioeconomia e da economia circular no espaço transfronteiriço de cooperação Galiza – Norte de Portugal.

Este documento identifica o estado atual de desenvolvimento dos equipamentos florestais e identifica pontos de inovação tecnológica, relevantes para o sector florestal ibérico (do prestador de serviços aos fabricantes de equipamentos).

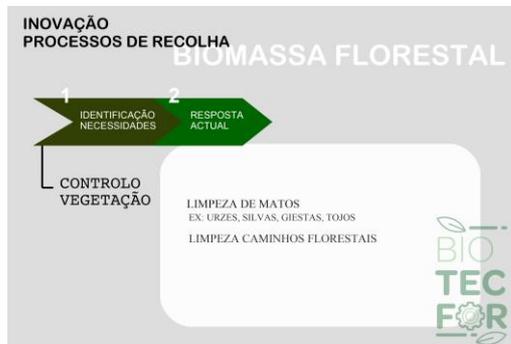


Este roteiro foca-se num conjunto de operações efetuadas no espaço florestal cuja execução pode ser melhorada com o recurso a soluções robotizadas ou automatizadas:

- o controlo da vegetação espontânea,
- as desramações e desbastes,
- a seleção de varas,
- o processamento da biomassa florestal residual
- a rearborização

Com este roteiro pretende-se fazer um levantamento das técnicas atualmente usadas na execução dessas operações assinalando os meios, com especial foco nas tecnologias atuais. Com esse levantamento são identificadas questões a melhorar e propostas novas linhas de desenvolvimento de soluções automatizadas ou robotizadas.

## 1. Controlo de Vegetação



O controlo da vegetação espontânea em contexto florestal pressupõe a eliminação ou redução da vegetação espontânea existente nos povoamentos, áreas de matos, taludes e ao longo de caminhos florestais.

Estas operações podem ser de natureza manual, motomanual ou mecânica.



Figura 1 - Limpeza de matos com recurso a motorroçadoras.

De modo manual, essas operações consistem na utilização de ferramentas como roçadoras,

machados, foices e gadanhas. No caso das operações motomanuais a ferramenta mais utilizada é a motorroçadora. Usualmente na redução ou eliminação de vegetação espontânea, as linhas de cultura principal são limpas com recurso à motorroçadora, e nas entrelinhas a operação é mecanizada com recurso a corta-matos.

Na operação mecanizada são usadas máquinas (tratores de lagartas) equipadas com diversas alfaias: corta matos de facas ou correntes, corta matos de martelos, grade de discos, destroçadoras, trituradoras ou de gradagem.



Figura 2 - Biomass harvester da empresa Prinoth. Possui um sistema que permite a trituração e a recolha da biomassa.

A “limpeza” de taludes é uma operação motomanual com motorroçadora e motosserra ou

mecanizada com recurso a grua articulável com cabeça destroçadora.



**Figura 3 - Grua articulável com cabeça destroçadora para limpeza de taludes. Da empresa italiana Seppi m.**

Atualmente, existe disponível no mercado tecnologia não tripulada de pequeno volume e fácil transporte para limpeza de florestas. São máquinas de rastros remotamente operadas e equipadas com alfaias para desmatção (destroçadora ou roçadora).



**Figura 4 - PICO robô de desmatção da empresa portuguesa Unmanned Tools -UT.**

Destaca-se o robot de desmatção de fabrico português, da empresa Unmanned Tools – UT.

Há no mercado outras soluções remotamente controladas cujo princípio se baseia numa máquina de pequeno porte capaz de usar cabeças corta-mato e de desbaste que são usualmente transportadas por grandes máquinas tripuladas.



**Figura 5 - Forest beaver. Veículo de pequeno porte remotamente operada, com braço e cabeça de corta-mato. Produzido pela empresa beaver.**

## 2. Desramação e desbaste



A desramação é determinante para a valorização comercial da madeira em determinadas situações (madeira

limpa livre de nós apresenta maior valor no mercado). Por outro lado, a desramação dos ramos inferiores contribui para quebrar a continuidade vertical da vegetação, que em caso de incêndio, pode ser relevante para criar obstáculo ao acesso das chamas às copas das árvores.

Para a ação de desramação há ferramentas de operação manual tais como o serrote curvo, a serra com extensão, a foice com extensão, a foice de lâminas circulares com extensão e motomanuais como o caso das podadoras de altura e motosserras de poda.

Com os desenvolvimentos tecnológicos, surgem soluções mecanizadas que são operadas de forma remota. Trata-se de mecanismos que “trepam” a árvore, num movimento em espiral ou num movimento vertical ao longo do eixo da árvore - “straight up”. O mecanismo desloca-se na árvore por tração de rodas de borracha, ou um misto de roda de borracha e lagartas e é equipado com ferramenta de corte. No caso dos mecanismos com movimento em espiral, o corte é feito

por meio de ferramenta motosserra, enquanto que no caso dos mecanismos com movimento vertical o corte é feito por meio de lâminas fixas que cortam impulsionadas pelo movimento do próprio mecanismo.



**Figura 6 - Mecanismo teleoperado para a operação de desramação. Produzido pela empresa Advaligno.**

A maioria destas soluções encontra-se em fase de protótipo, no entanto, existe já um produto final no mercado – o PATAS da *Advaligno* – que funciona num movimento vertical ao longo do eixo da árvore e cuja ferramenta de corte é feita por lâminas fixas tipo abraçadeira.



**Figura 7 - Tree-Pruning Robot. Desenvolvido por Yasuhiko Ishigure, Katsuyuki e Haruhisa Kawasaki. Este robô desloca-se ao longo da árvore em movimento vertical ou em espiral e executa a desramação por meio de uma motosserra.**

Em povoamentos com elevadas densidades e cujo objetivo é obter lenho de elevada qualidade, quando as árvores passam a competir entre si é necessário abrir o arvoredo de modo a reduzir a competição pela luz, água e nutrientes. Torna-se necessário cortar algumas árvores, realizando um desbaste seletivo que tem por objetivo manter as árvores “de futuro” e retiradas as restantes (geralmente malconformadas ou de menores dimensões). Um possível critério de seleção poderá ser a eliminação daquelas que se apresentem, tortas ou com bifurcações.

A operação de desbaste é muitas vezes uma operação manual com recurso a motosserra.

Para operação mecanizada, existem cabeças para desbaste usualmente acoplados a grua com ou sem extensor pneumático. Estes cabeças podem ser usados em pequenas máquinas. Nessas cabeças o corte é feito por lâmina ou por disco dentado, e apresentam garras para segurar a árvore após o corte.



**Figura 8 - Cabeça de desbaste acoplada a grua com extensor. Produzida pela empresa TMK Tree Shear.**

A empresa *ebeaver* disponibiliza no mercado um veículo de pequeno porte, remotamente operado, com um braço acoplado e cabeça de desbaste.



**Figura 9 - Ebeaver. Veículo remotamente operado usando uma cabeça de corte para desbaste (cabeça da Kesla)**

O desbaste de árvores também pode ser executado com recurso a cabeças que trituram a árvore em vez de a cortarem.



**Figura 10 - Cabeça de trituração para desbaste da empresa espanhola Serrat**

Ainda em fase protótipo, surge um mecanismo articulado “tree-to-tree”, o ‘Stick Insect’, desenhado para a operação de desbaste.



**Figura 11 - Stick Insect. Mecanismo "tree-to-tree" para desbaste. Desenvolvido pelo Instituto de Investigação Scion e pela Universidade de Canterbury.**

Este mecanismo usa uma das árvores como apoio, onde se “agarra”, para cortar a outra árvore adjacente.

### 3. Corte final



As operações de corte final em plantações florestais em zonas de baixo declive, seguem usualmente um processo que envolve parte ou todas as operações seguintes:

- **Abate**, é corte da árvore pela sua base,

- **Processamento**, pode incluir a desrama, corte da bicada (parte superior da árvore, geralmente com diâmetros inferiores a 7cm) e toragem (corte do tronco em toros com dimensões pré-definidas),
- **Recheça**, é a Recolha do material lenhoso e transporte para locais de carregamento (carregadouros).

Nas operações descritas são usadas máquinas equipadas com guas articuláveis e cabeças várias em função da operação.

A operação de **abate** pode ser uma operação motomanual ou mecanizada. Na operação motomanual são usadas motosserras, no caso de a operação ser realizada de forma mecanizada são usadas giratórias com cabeças de corte transportadas por guas articuláveis.



**Figura 12 - Cabeça de abate com sistema de tesoura produzida pela empresa portuguesa Vicort.**

As cabeças de corte podem usar um sistema de tesoura, ou de disco pastilhado ou de serra. A cabeça agarra a árvore por meio de garras e corta-a antes de derrubá-la.

A operação de **processamento**, pode ser uma operação motomanual com recurso a motosserra ou mecanizada com recurso a máquinas “harvesters” ou giratórias equipadas com guas articuláveis com cabeça processadora. Existe no mercado um veículo baseado em locomoção com patas (6 patas – hexapod).



**Figura 13 - Trator com patas (hexapod) da empresa John Deere.**

Esta máquina com patas apresenta uma grande flexibilidade de movimentos e proporciona ângulos de trabalho que dificilmente são alcançáveis com uma giratória.

Para o processamento da árvore inteira, existem para o efeito cabeças processadoras.



**Figura 14 - Cabeça processadora produzida pela empresa portuguesa Vicort.**

Usualmente uma cabeça de processamento segura a árvore por meio de garras e desloca-se na árvore

até ao feixe por meio de roletes sincronizados. Nesse movimento, é feito a desrama por meio de lâminas.

O corte em toros é usualmente desempenhado por uma serra móvel numa das pontas do cabeça de processamento.

A operação de extração e **rechega** é usualmente feita de forma mecanizada por meio do uso de tractores com guincho ou máquinas “forwarders” (transporte fora da estrada) e “skidders” (arraste e semi arraste) equipadas com grua articulável com cabeça garra e levam atrelado um vagão.



**Figura 15 - Garra florestal para operações de rechega. Produzida pela empresa portuguesa Vicort.**

Para além da execução das tarefas de extração e rechega, a garra florestal é usada também para o transporte primário, ou seja para a transferência

do material lenhoso ao longo do processo e nomeadamente para a movimentação do material lenhoso até ao carregadouro e no carregadouro (zona de concentração da madeira).

Para a operação de recarga existem no mercado soluções remotamente operadas – vagões transportadores de operação remota.



**Figura 16 - Transportador terrestre PULLY com grua e garra florestal. Produzido pela empresa Konrad.**

Esses vagões transportadores não tripulados carregam o material lenhoso nas operações de transferência de material para o ponto de descarga. O material é carregado num determinado ponto e descarregado no ponto de descarga por um segundo operador. O vagão transportador pode levar a bordo uma grua com garra florestal, sendo capaz

de apanhar o material do chão e carregá-lo diretamente no vagão.

Há disponíveis soluções multifunção em que uma só máquina é capaz de desempenhar as operações de abate, processamento e recarga.



**Figura 17 - Harvester HIGHLANDER capaz de abate, manuseamento e arraste, e processamento. Produzido pela empresa Konrad.**

Esse tipo de máquina multifunção dispõe de grua com cabeça de processamento capaz de abate, manuseamento, e processamento da árvore, e um “Klemmbank” onde é carregada e arrastada a árvore inteira para o carregadouro.

## 4. Seleção de varas



A seleção de varas é um processo aplicável a espécies florestais, como exemplo os povoamentos de eucalipto, com capacidade de reprodução vegetativa após corte, desenvolvendo novas varas que resultam dos gomos dormentes a partir da parte seccionada (cepo) .

A seleção de varas é necessária por forma a tornar os povoamentos com viabilidade produtiva com objetivo comercial e contribui para: a redução do risco de incêndio a redução dos custos de instalação, manutenção e corte.

São selecionadas as varas mais robustas e vigorosas e eliminadas as outras.

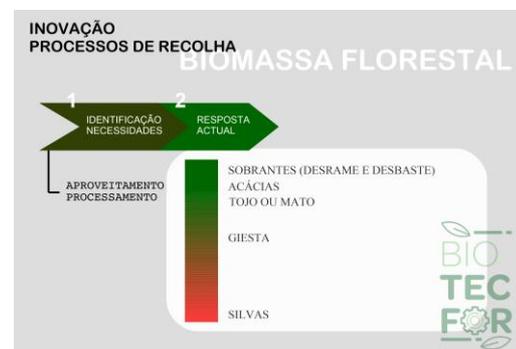
No caso de terrenos com boa produtividade, é comum selecionar mais do que uma vara dominante:

duas a três varas no espaço do povoamento e três a quatro nas bordaduras e junto a caminhos. Nesse caso são escolhidas as dominantes em posição oposta.

Este processo ocorre em período de menor atividade vegetativa e 2 a 3 anos após o corte.

Atualmente a operação de seleção de varas é uma operação manual com recurso a motosserra.

## 5. Biomassa florestal residual



Tal como no caso do controlo da vegetação espontânea em que a vegetação pode ser destroçada e ficar no solo, também uma parte dos sobrantes/resíduos da operação de desramação, do desbaste, da seleção de varas, e do corte final, pode permanecer no terreno. Esse material

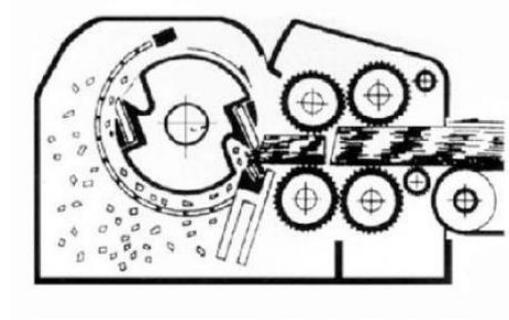
pode ser processado – estilhaçado, podendo ou não ser incorporado no mesmo. Esse processo é usado no sentido de promover a cobertura do solo protegendo-o da erosão, contribuir para o aumento da matéria orgânica e nutrientes disponíveis, bem como criar condições de temperatura e humidade mais favoráveis às plantas.

Noutros casos, o material estilhaçado é recolhido, transportado e armazenado para ser utilizado noutras aplicações. Nesses casos, cada aplicação dita a exigência quanto à homogeneidade e dimensão da substância resultante.

Usualmente, as estilhadoras compreendem um sistema dual de lascamento e trituração e com possibilidade de refinação do crivo.

Para lascar, o mecanismo usa um disco com lâmina ou um rolo laminado (cilindro ou rotor rotativo) que incorpora mais do que uma lâmina e uma contra lâmina.

A granulidade do material moído – a estilha - é regulada por uma peneira.



**Figura 18 - Esquema comum de mecanismo de uma estilhadora.**

No mesmo mecanismo há um sistema de lançamento para lançar a aparas pela coluna.

Neste tipo de mecanismo é comum encontrar um sistema alimentador baseado em rolos dentados.

Em situações de grande escala as estilhadoras são alimentadas por meio de guias que fazem a movimentação do material lenhoso.



**Figura 19 - Estilhadora florestal alimentada por grua.**

Em situações de menor escala as estilhadoras (móveis ou fixas) são alimentadas à mão.

Existe um mecanismo patenteado que se propõe a realizar quatro operações que se podem relacionar com o processamento de biomassa. Este mecanismo foi desenhado com a intenção de executar o abate da árvore, a sua extração, a trituração da árvore e o encaminhamento da estilha.

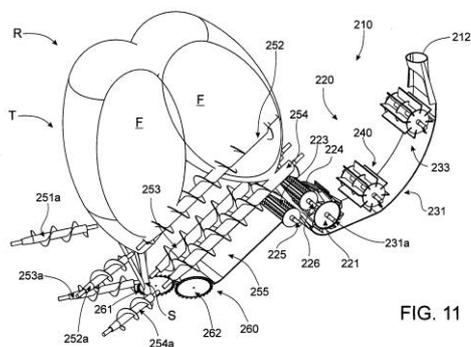


FIG. 11

Figura 20 – Mecanismo patenteado nº US2011155283A1

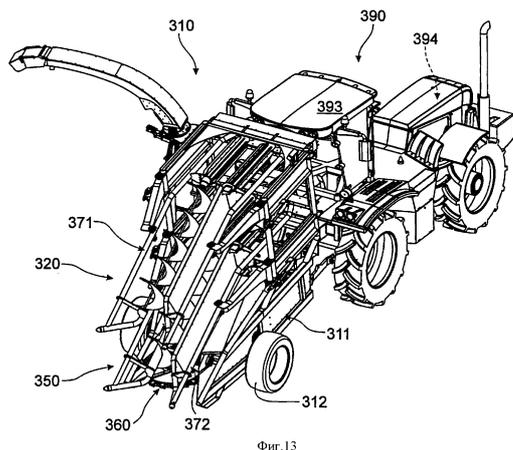


Figura 21 – Mecanismo patenteado nº US2011155283A1

Esse mecanismo utiliza uma frente de recolhimento (baseada dois sem-fins em V) que mantém a árvore numa posição vertical e procede ao corte por lâmina. Depois de cortada, a árvore fica apoiada num tapete transportador que transporta a árvore até um sistema de rolos alimentadores do tambor de um estilhador (acoplado no mesmo mecanismo). Procede com a trituração no tambor e expulsa a estilha por meio de uma chaminé.

## 5. Rearborização



Para a rearborização, a preparação do terreno compreende ações distintas: **eliminação de matos; eliminação de cepos; mobilização do solo; ações de plantação.**

A **eliminação de matos** (já referida anteriormente), com ou sem

incorporação no solo, é uma ação geralmente mecanizada com recurso a um trator industrial, trator de rastos ou “bulldozer”. Se a ação de eliminação de matos compreender a incorporação no solo, essas máquinas são geralmente equipadas com alfaia de gradagem (grade de discos).



**Figura 22 - Bulldozer com alfaia de ripagem.**

Na etapa de preparação do terreno é por vezes necessário enterrar ou destruir os cepos de antigos povoamentos – a ação de **eliminação de cepos**. Para enterrar os cepos são utilizadas escavadoras. Em alternativa os cepos são destruídos/arrancados por meio da utilização de uma enxada arranca cepos ou um rachador arranca cepos.



**Figura 23 - Rachador arranca cepos patenteado e produzido pela empresa portuguesa Fravizel.**

A etapa de preparação do terreno também compreende a ação de **mobilização do solo**. Essa ação tem por objectivo melhorar as condições do solo para a plantação e desenvolvimento das plantas, favorecendo as suas características físicas e o crescimento do sistema radicular. A mobilização do solo pode ser executada de forma manual ou Mecânica.

Em algumas situações o emprego de meios mecânicos é problemático (p.e. declives elevados, afloramentos rochosos abundantes), e nesses casos, a mobilização é manual e feita usando pá, enxada ou picareta.

Quando a mobilização do solo é uma ação mecânica, geralmente recorre a tratores com grades de disco, charrua, ripper, ou outras alfaias.

Na **ação de plantação** a tarefa de abertura de vala e câmara na linha de plantação, é feita usualmente de forma mecânica com trator equipado com uma charrua de aivecas.

Para uma abordagem localizada, a abertura de covas é feita utilizando equipamentos como uma broca acoplada ao trator ou a pá da retroescavadora.

Na fase posterior à abertura da vala e câmara, segue-se a etapa da plantação de mudas (na face montante do câmara ou na cova de plantação). A execução dessa operação é usualmente manual ou parcialmente mecanizada e existem soluções autónomas. Na operação executada de forma manual, são utilizadas ferramentas como: enxadas, pás e picaretas, bengalas de plantação e furador plantador.

Há soluções para que esta operação seja executada de forma mecanizada, sendo o caso do mecanismo plantador da *Bracke Forest* ou da *Risutec*.



**Figura 24 - Bracke P11.a, mecanismo plantador desenvolvido pela empresa Bracke Forest.**



**Figura 25 - Mecanismo plantador automático da empresa Risutec**

Estes mecanismos plantadores são acoplados a gruas articuláveis. As plantas são colocadas manualmente no mecanismo plantador, preenchendo-se um tambor (um cilindro tipo revólver). De seguida, o mecanismo plantador é manipulado por um operador por meio da grua e com a pá do plantador é levantado um pedaço de solo formando um pequeno monte de húmus onde a planta é injetada com um pequeno jato de água.

Também existe uma solução autónoma para esta etapa da

plantação, trata-se da *TreeRover*, um robô plantador desenvolvido na Universidade de Victoria (British Columbia, Canada).



**Figura 26 - TreeRover. Robô plantador desenvolvido na Universidade de Victoria.**

Este robô autônomo leva um carregamento de 10 plantas de cada vez e usa um sistema de ar comprimido para acionar uma haste oca (tipo pinça) que é enterrada no solo fechada, abrindo uma cavidade, quando a haste abre larga do seu interior a planta. Um segundo pistão cobre com terra a base da planta finalizando o processo.

## 6. Inovação



No contexto das operações abordadas neste roteiro e tendo em consideração o estado da arte quanto aos meios de execução das mesmas, é aqui sugerido um conjunto de caminhos possíveis no sentido de introduzir melhorias.

À exceção da operação de corte final, todas as outras operações podem-se adequar soluções baseadas em mecanismos de pequeno porte e de fácil transporte. Soluções que comparativamente a mecanismos de grande porte, sejam menos exigentes em termos de projeto e produção. Nesse sentido, adequa-se o desenvolvimento de soluções não tripuladas e remotamente operadas. Essas soluções de pequeno porte e não tripuladas permitirão uma maior densidade de assemblagem, o que facilita a sua produção.

Tendo em conta que estas operações são efetuadas em terrenos muito irregulares, impõe-se projetar as soluções móveis com centros de gravidade mais baixos e capazes de operar em zonas de declive mais acentuado, permitindo o acesso a zonas no terreno dificilmente alcançáveis por meio de máquinas tripuladas de grande porte.

No caso das operações de controlo de vegetação, seleção de varas e desbaste, para além de se justificarem soluções baseadas em mecanismos de pequeno porte operados de forma remota, seria vantajoso caminhar para o desenvolvimento de soluções que operassem de forma autónoma.

Em operações como a de controlo de vegetação, a de seleção de varas e a de desbaste haveria vantagem em desenvolver-se soluções combinadas

que para além da função principal tivessem a capacidade de triturar o material resultante da operação e de alguma forma fossem capazes de armazená-lo para aproveitamento.

No caso das operações de desrama há já algum caminho percorrido no campo das soluções remotamente operadas, porém essas soluções existentes exigem que o transporte do mecanismo de árvore para árvore seja feito por um ou dois homens. Haveria por isso vantagens na procura de soluções combinadas que transportassem esses mecanismos. E nesse caso, esse mecanismo poderia ser também associado a um outro mecanismo capaz de triturar o sobranço da operação de desrama.

Para as operações de rearboração aponta-se o caminho do desenvolvimento de soluções não tripuladas de pequeno porte e de operação autónoma. Soluções inspiradas no princípio de mecanismos

## 7. Robô AgRob v18 – Resultados

O AgRob V18 é um plataforma robótica do INESC TEC adaptada a partir de um modelo Niko GmbH



como os das cabeças de plantação da *Bracke* e da *Risutec*, mas de menor escala e incorporados num veículo autónomo.

HRS70 - máquina “heavy-duty” para tarefas agrícolas e florestais. Esta máquina com motor de 70 cv a diesel e refrigerado a água é controlada via protocolo CANopen. Apresenta uma

largura de chassi de 90 cm e um comprimento de 215 cm.

Os sensores transportados e o computador a bordo foram montados numa estrutura em torre. Essa torre só precisa ser alimentada por uma fonte de 12V e está pronta para funcionar totalmente montada em qualquer instalação, tornando-se modular. A unidade computacional processa os dados recebidos dos sensores e envia comandos para os atuadores da plataforma. O sensor principal é um sensor LIDAR - Velodyne Puck 16 (VLP16) - com 16 canais que adquire 360 graus de dados circundantes com um campo de visão de 30° (+/- 15°) e um alcance de aproximadamente 100 metros para o qual apresenta um erro estimado de +/- 3 cm. Quando a torre é montada no AgRob V18, a altura do sensor em relação ao solo é de cerca de 2,2 metros. O VLP16 fica na parte traseira e no ponto mais alto da plataforma. Na torre sensorial também foram instalados dois sensores baseados em visão: uma câmara stereo ZED e uma câmara térmica FLIR M232. A câmara ZED serve para a extrair dados de

profundidade ao longo da trajectória do robô. A câmara FLIR serve para a detecção de seres humanos e animais, bem como para a detecção potenciais focos de incêndios florestais.

Na torre também está acomodada uma unidade IMU para a estimativa do estado do robô e um módulo GNSS (GLONASS GALILEO GPS) GP-808G para ajudar na localização e no carregamento “on-line” da informações de posição do robô.

Na frente do robô foi instalado um laser medidor de alcance - Hokuyo UST-10LX - com 10 metros de alcance máximo.

Ao nível de software, foram desenvolvidos algoritmos que permitem a navegação do robô no meio florestal complexo, e a compreensão do ambiente ao redor para execução de tarefas autónomas.



**Figura 27 - Diagrama representativo do processo de limpeza**

Para reconhecimento visual do ambiente, a câmara térmica permite extrair informação com potencial para deteção de seres vivos e focos de incêndio.



**Figura 18 - Captura da câmara térmica**

Com as câmaras ZED e Realsense 2 conseguimos obter imagem stereo (RGB e BW respetivamente). Além de fornecer informação de profundidade, para auxílio à navegação e localização, a representação visual serve também para identificação e

análise de plantas e/ou vegetação alvo de operação.



**Figura 28 - Captura stereo da câmara ZED**

Para efeitos de localização, o robô possui um recetor GNSS que permite obter uma posição global estimada. Atualmente essa posição é utilizada para observação gráfica e para correção do algoritmo de localização.



**Figura 30 - Representação do posicionamento GNSS na interface NodeRED**

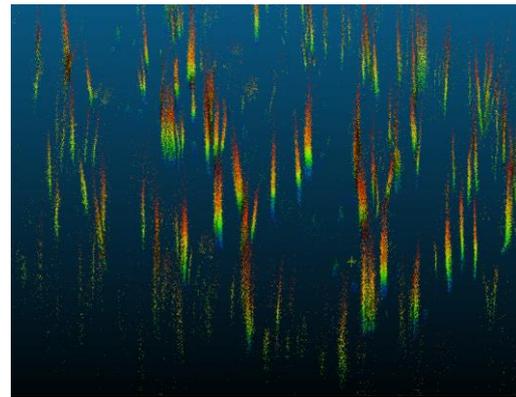
Um dos sensores de maior peso na localização é o Velodyne 16. Este LIDAR permite a obtenção da observação tridimensional em torno do robô por meio de varrimentos com 16 canais. Recorrendo ao algoritmo LOAM (atualmente versão LeGO-LOAM-BOR), é usado o varrimento do Velodyne para a construção de um mapa tridimensional de pontos,

representando o ambiente de navegação. Este algoritmo consiste em 2 partes fundamentais, uma primeira rotina executada a uma taxa superior, que processa 2 varrimentos consecutivos do LIDAR, e, uma segunda rotina executada a uma taxa inferior que constrói o mapa global e em simultâneo processa a pose do robô no mapa. A versão atual do algoritmo foi aperfeiçoada para robôs terrestres.



**Figura 31 - Mapeamento e localização obtida com LeGO-LOAM-BOR**

A informação obtida do mapa tridimensional de pontos pode ser segmentada para se extrair características como sejam os troncos das árvores. Essas características podem ser utilizadas para mapeamento geográfico, inventário, ou estimativa de volume de biomassa.



**Figura 32 - Resultado da segmentação dos troncos no mapa de pontos**

Sobre o LeGO-LOAM (e LeGO-LOAM-BOR), foram implementadas novas funcionalidades para dar resposta a necessidades à utilização real em contexto de floresta.

Foi adicionada a funcionalidade de guardar os mapas e trajetórias executadas. Mas o principal acréscimo de valor foi complementar essa funcionalidade com um método que permite a relocalização no mapa previamente guardado sem a necessidade de efetuar um novo reconhecimento do terreno. Outra funcionalidade acrescentada foi a integração dos dados provenientes da IMU e recetor GNSS no algoritmo de estimação de pose por forma a corrigir os erros de “matching” gerados pelo LeGO-LOAM que tinham como

consequência a não desejada compactação do mapa global.

## **8. Conceito Floresta 4.0**

A floresta 4.0 ou floresta de precisão inteligente, é um novo paradigma alicerçado na Indústria 4.0 e digitização de processos, e que terá uma contribuição cada vez maior no desenvolvimento das máquinas florestais.

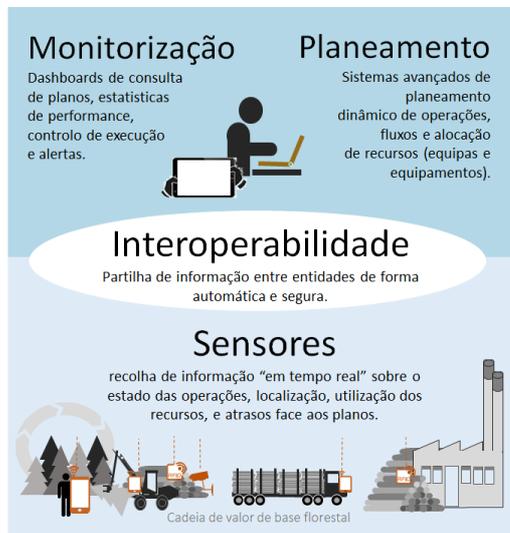
Alguns dos principais fabricantes internacionais de maquinaria, como a Ponsse, já incorporam nos seus equipamentos vários tipos de sensores que permitem recolher informação relevante sobre a floresta (p.e. a densidade florestal), e também sobre a performance da máquina (p.e., a posição da máquina, percentagem de tempo em operação) e o progresso das operações florestais (p.e., o tipo de madeira cortada e estimativa do volume). E aqui a tendência é para que hajam cada vez mais maiores volumes de informação, com grande precisão e a baixo custo.

À medida que que avança no desenvolvimento de novos sensores nos equipamentos, é também

necessário progresso nas tecnologias de comunicação dos dados dos equipamentos para sistemas centrais, de preferência “em tempo real”. Os sistemas centrais terão que fazer o armazenamento e processamento de grandes volumes de informação, o chamado Big Data. Há também aqui desafios relacionados com a interoperabilidade ou Internet of things (IoT), que se relacionam com a integração, compatibilização e troca de informação recolhida com diferentes sistemas e/ou diferentes equipamentos.

Os sistemas de informação estão também em profunda transformação de forma a conseguirem fazer uso dos grandes volumes de informação e disponibilizar interfaces úteis para monitorizar as operações e para apoiar o planeamento e tomada de decisão numa lógica multi-utilizador. O objectivo final é conseguir ter sistemas “reativos”, que permitam adaptar o planeamento ao que está de facto a acontecer no terreno. Exemplo disto, é o sistema ForSCOPE que tem sido desenvolvido pelo INESC TEC para apoiar a

monitorização e o planeamento dinâmico das operações florestais.



A investigação florestal tem avançado no sentido de incorporar os progressos tecnológicos e desenvolver novas arquiteturas e novos sistemas integrados que incorporem todas estas componentes: sensores, IoT, os sistemas avançados de monitorização e de planeamento. O

projeto FOCUS, liderado pelo INESC TEC, é um exemplo de um projeto internacional que uniu esforços entre a academia e empresas desenvolvedoras de tecnologias para o sector florestal. O projeto definiu uma arquitetura global que foi adotada pelos vários participantes. Foram desenvolvidas e testadas soluções integradas para a exploração e transporte de rolaria, recolha e distribuição da biomassa florestal, e logística e armazenamento da cortiça. Os resultados do projeto podem ser consultados em [www.focusnet.eu](http://www.focusnet.eu).

	LIMPEZA	DESBASTE	DESRAMAÇÃO	CORTE	BIOMASSA	PREPARAÇÃO SOLO	CEPOS	PLANTAÇÃO	RECHEGA	PROCESSAMENTO	TRANSPORTE	OPERAÇÃO REMOTA	GRUAS	POTENCIAL PARA DESENVOLVIMENTO
<b>PORTUGAL</b>														
CENTRAL LOBÃO - FERRAMENTAS ELÉCTRICAS S.A.														
HERCULANO - ALFAIAS AGRÍCOLAS, S.A.														
PULVERIZADORES ROCHA, S.A.														
FÁBRICA METALÚRGICA DA GANDRA, LDA.														
FRAVIZEL - EQUIPAMENTOS METALOMECÂNICOS, S.A.														
LOURITEX-SOCIEDADE AGRO-CONSTRUTORA DE ALFAIAS AGRÍCOLAS DO CARVALHEIRO LDA.														
JOPER - INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS, S.A.														
VICORT - CUTPLANT														
AGRIDUARTE - MANUEL RODRIGUES DUARTE, LDA.														
AFONSO O.COSTA - FÁBRICA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS E FLORESTAIS, LDA.														
HERKULIS - COMÉRCIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS, S.A.														
AGRIMIL ALFAIAS AGRÍCOLAS, UNIPessoal, LDA.														
GALMAX - COMÉRCIO E SERVIÇOS, LDA.														
UNMANNED TOOLS -UT, LDA														
METALÚRGICA DE RATES, SOBRAL & SILVA, LDA.														
<b>ESPANHA</b>														
OVLAC FABRICACION DE MAQUINARIA AGRICOLA SA														
AGRO HIBEMA SL														
TMC Cancela (MAQUINARIA AGRICOLA CANCELA SL)														
SERRAT Trituradoras (tienen trituradoras Biomasa)														
VENTURA MAQUINARIA (tienen trituradoras Biomasa)														
MAQUINARIA AGRICOLA INDUSAGRI SL														
TALLERES AGRICOLAS FUERTES SL														
PILSES SL														
INDUSTRIAS GUERRA SA														
FORCAR SA														
URO VEHICULOS ESPECIALES SA														
<b>INTERNACIONAL</b>														
SEPPI M. (SEPPI M PENINSULA IBERICA SL) -ITÁLIA														
RISUTEC - FINLÂNDIA														
FAE - ITÁLIA														
TMK tree shear - FINLÂNDIA														
EBEAVER - SUÉCIA														
PRINOTH - ITÁLIA														
ENERGREEN - ITÁLIA														
MCCONNEL - REINO UNIDO														
ADVALIGNO - ALEMANHA														
JOHN DEER - EUA														
KONRAD - AUSTRIA														
PONSSE - FINLÂNDIA														

	MANUAL	MOTOMANUAL	MECÂNICO	PROTÓTIPO	AUTOMATIZADA	MERCADO
LIMPEZA	roçadeiras machados foices gadanhas	motoroçadeira	corta-matos grade de discos destroçadora trituradora			robot desmatação
DESRAMAÇÃO	serrote curvo serra c/ extensão foice c/ extensão foice lâminas circulares c/ extensão	podadoras de altura motoserra de poda		mecanismo teleoperado		mecanismo teleoperado
DESBASTE		motoserra	cabeça desbaste cabeça trituradora	mecanismo "tree-to-tree"		robot c/ cabeça de desbaste
ABATE		motoserra	harvester cabeça de corte			
RECHEGA			trator c/ guincho Forwarder Skidder cabeça de recheга			vagão transportador c/ grua
PROCESSAMENTO		motoserra	cabeça processadora harvester			
SELEÇÃO DE VARAS		motoserra				
PROCESSAMENTO BIOMASSA			estilhadora móveis estilhadora fixa			
ELIMINAÇÃO DE CEPOS			rachador arranca cepos enxó arranca cepos escavadora enterra cepos			
MOBILIZAÇÃO DO SOLO	enxadas	motoenxada	Ripper grades de disco charrua outras alfaias			
PLANTAÇÃO	enxadas pás picaretas bengalas de plantação furador plantador		broca acoplada a trator escavadora cabeça plantadora	robot plantador		