

42088 – Projeto Industrial

Project Status Report

Nome do projeto:	Sistema inteligente de assemblagem de circuitos óticos integrados
Cliente:	PICadvanced S.A.
Supervisor do cliente:	Carla Rodrigues Francisco Rodrigues
Data:	11/11/2023
Membros da equipa:	Coordenador: Inês Leite ifaleite@ua.pt 910004289 Outros membros da equipa: Ana Caetano caetano.ana@ua.pt 916060264 Fábio Caldas fabiopintocaldas@ua.pt 925890457 João Maltez jammaltez@ua.pt 925132995 José Mestre Batista joseomb@ua.pt 926424479
Supervisor de turma:	Arnaldo Oliveira

Resumo da gestão:

O projeto encontra-se, neste momento, em andamento, mas com algum atraso em relação ao que estaria previsto para esta *milestone*. Esse atraso deve-se principalmente a questões burocráticas que demoraram mais tempo do que o esperado a serem resolvidas, o que acabou por bloquear temporariamente a progressão do trabalho. Algumas tarefas e sub-equipas de trabalho tiveram de ser ajustadas de modo a colmatar este atraso, logo prevê-se a conclusão do mesmo na data estipulada.

Quanto ao custo, o projeto está dentro do orçamento inicialmente planeado.

Todos os objetivos propostos para o projeto estão a ser atendidos conforme planeado.

1 Arquitetura

De um ponto de vista mais elementar, a arquitetura irá basear-se no diagrama da **fig.1**, onde se pode ver as entradas e saídas do sistema:

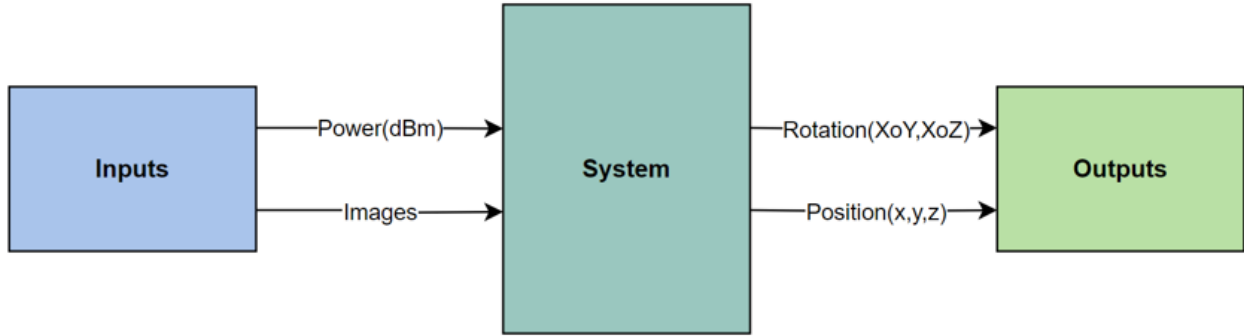


Figura 1: Arquitetura nível 0

Por um lado, as entradas consistem na potência (em dBm), que representa o valor lido da potência recebida pela fibra a partir do PIC e nas imagens capturadas pela câmara que são posteriormente processadas pelo sistema para auxiliar o processo de alinhamento.

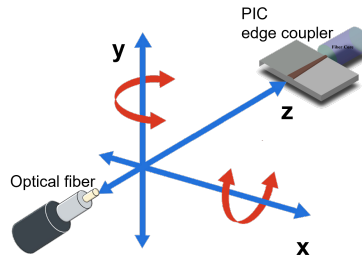


Figura 2: Eixos de movimentação

Por outro lado, as saídas foram categorizadas em rotação, representando os ângulos possíveis de rotação dos planos da fibra em relação ao PIC (fig.2), e em posição, indicando as coordenadas correspondentes da fibra em relação ao PIC (fig.2).

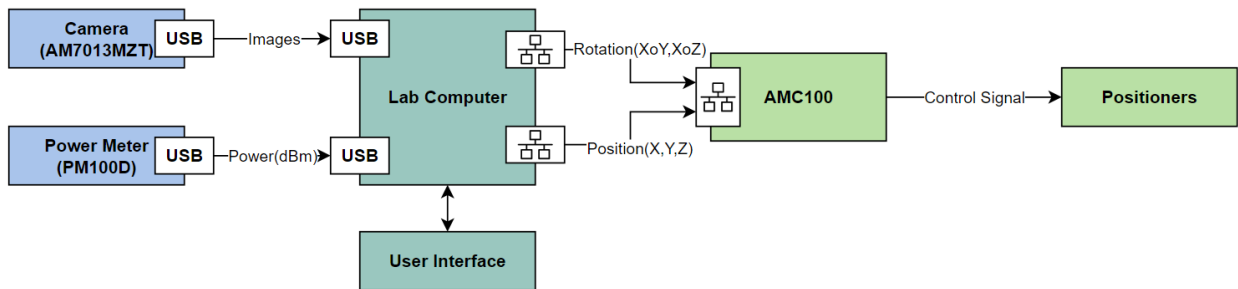


Figura 3: Arquitetura nível 1

Para uma compreensão mais detalhada, apresentamos a visão da nossa arquitetura de nível 1, conforme ilustrado na fig. 3.

A câmera AM7013MZT da *Dino-Lite* vai ser o dispositivo que fornecerá as imagens ao sistema. Esta tem uma capacidade de ampliação até 200x, ótima para obter um bom compromisso de observação da fibra ótica e de parte da PIC. A câmara transmite a informação da imagem ao computador através de uma interface USB 2.0. Com o suporte de *software* da câmara é possível obter imagens e vídeos em tempo real. De modo a dar um uso ativo à câmara disponível e com o intuito de complementar o controlador, planeia-se recorrer à tecnologia de visão de computador, usando a biblioteca *OpenCV* por apresentar uma implementação básica, simples e de livre acesso.

O medidor de potência PM100D da *THORLABS* é responsável pela medição da potência ótica da fibra. Conectado via USB 2.0, o dispositivo dispõe de bibliotecas fornecidas pelo fabricante para facilitar a sua integração e utilização.

O controlador AMC100 da *Attocube* tem a capacidade de operar simultaneamente sobre até três posicionadores. Estes posicionadores podem ser configurados para descreverem trajetórias lineares, rotativas ou goniométricas, em malha aberta ou fechada. Este equipamento recebe informação a partir da ligação Ethernet estabelecida com o computador do laboratório acerca da posição e rotação desejada, atuando sobre os posicionadores onde a fibra ótica está fixa. O fabricante disponibiliza uma vasta biblioteca de funções que permitem operar sobre o controlo, movimento e estado (entre outras categorias) dos posicionadores.

Através da interface do utilizador será possível acompanhar o processo do alinhamento, assim como a visualização de resultados. Para a implementação, utilizaremos o *framework Tkinter* e para a visualização de resultados a biblioteca *matplotlib*. Ambas as ferramentas foram escolhidas devido à facilidade de utilização e à qualidade da documentação.

1.1 Algoritmo

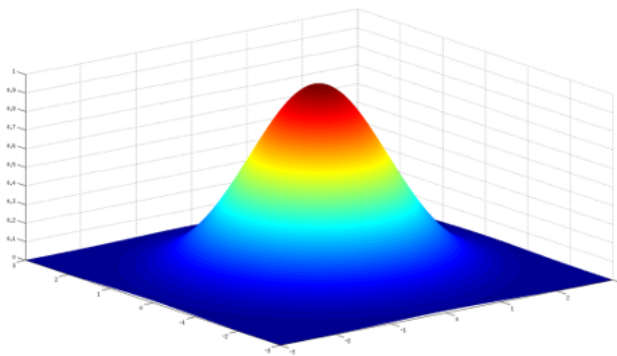


Figura 4: Distribuição esperada da potência

Tendo o conhecimento que a distribuição de potência na fibra ótica tem a forma da fig. 4 com algum ruído associado a esta, o algoritmo proposto para a solução será:

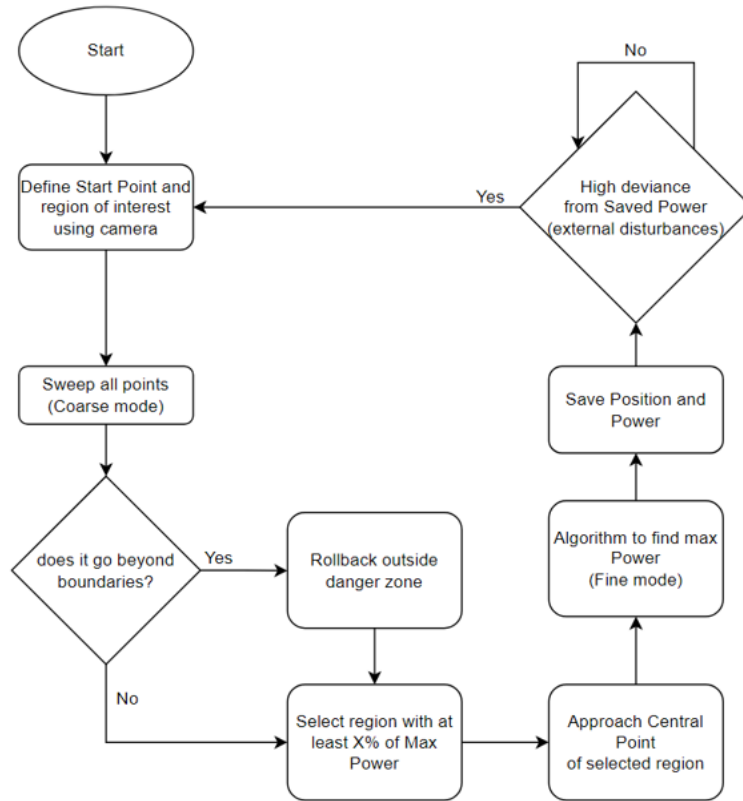


Figura 5: Algoritmo proposto

Numa primeira etapa do algoritmo a câmara define um ponto inicial para onde os posicionadores terão de se mover sempre que o utilizador pretende iniciar o processo do alinhamento automático da fibra ótica com o PIC. Também é definida uma região de operação cuja distância de segurança entre o PIC e a fibra ótica deverá ser entre 100 a 500 micrómetros. Nesta região os posicionadores deverão atuar de modo que não haja contacto indesejado entre os componentes.

Após serem definidos o ponto inicial e a região proibida (qualquer área que não faz parte da região de segurança), o algoritmo começa a fazer um varrimento grosseiro, ou seja, com um passo suficientemente grande visando mapear a distribuição da potência em função da posição. Enquanto este processo decorre, o algoritmo recorre à câmara e a uma classe de funções do AMC100 (*amcids*) para ver se os posicionadores ultrapassam os limites definidos anteriormente. Caso os limites sejam ultrapassados, o algoritmo retorna para a região de segurança e prossegue com o alinhamento.

Com o mapeamento da potência feito, o algoritmo seleciona as regiões de maior potência, ou seja, regiões que estejam acima de um valor percentual da potência máxima detetada. Ao fazer isto, conseguimos reduzir o mapa para uma região de interesse com o objetivo de diminuir a área a ser percorrida pelo algoritmo.

Ao obter a região de interesse, é definido um novo ponto de começo e aplicado um algoritmo de otimização de modo a convergir de forma rápida para o valor de maior potência. Ao encontrar esse ponto, é guardada a sua posição e o valor da sua potência.

Como o processo de alinhamento é um processo minucioso, ligeiros desvios da sua posição causam grandes perdas de potência. Estes desvios de posição podem ser causados, por exemplo, por uma corrente de ar mais forte que faz com que a fibra se desloque ligeiramente. Por essa mesma razão, caso seja detetada alterações de potência significativas relativamente ao valor guardado, é recommçado o processo de alinhamento automático.

1.2 Uso de Visão por Computador

Tirando partido da câmara disponível e através do suporte de visão por computador pretende-se identificar a posição de referência inicial da fibra ótica, bem como a região onde esta possa ser movida. Esta região limitada vai permitir que haja uma movimentação cuidada da fibra com a intenção de evitar danos a qualquer componente. Do mesmo modo, esta implementação vai melhorar a eficiência do processo iterativo de controlo da posição da fibra. Para esse fim, estão planeadas as seguintes funções:

- **Função de Captura**

- Esta função tem como objetivo capturar imagens da câmara, vídeos e obter captura em tempo real.
- Saída: ficheiro de imagem/vídeo

- **Função Pré-Processamento**

- Esta função tem como objetivo alterar características da imagem, como contraste entre objetos e saturação, de forma a facilitar o processamento.
- Entrada: Imagem em bruto.
- Saída: Imagem pré-processada.

- **Função Segmentação**

- Esta função tem como objetivo menosprezar o plano de fundo e realçar os componentes para sua melhor identificação.
- Entrada: Imagem pré-processada
- Saída: Imagem com primeiro plano.

- **Função *Pinpoint***

- Esta função tem como objetivo determinar o ponto de partida da fibra, a área de varrimento e os limites para operar.
- Entrada: Imagem com primeiro plano.
- Saídas: Coordenadas do ponto inicial e dos limites (x, z);

1.3 Controlo dos Posicionadores

No processo de encontrar a posição da fibra em que a potência transmitida pelo PIC é máxima, estão a ser desenvolvidas funções que incorporam as principais operações do algoritmo (mencionadas anteriormente). Estas funções são escritas em Python para facilitar a integração do trabalho realizado neste projeto no *workflow* da *PICadvanced*.

Para implementar eficientemente estas funções, está a tirar-se partido de funcionalidades do AMC100 e da biblioteca que o controlador disponibiliza. A seguir seguem detalhes sobre algumas das principais características das funções utilizadas/em desenvolvimento, bem como cada uma delas contribui para a otimização da potência transmitida pelo PIC.

- **Varrimentos de posição**

- Independentemente do varrimento ser grosseiro ou fino, esta operação irá movimentar os posicionadores, em malha aberta, para monitorizar a potência numa determinada região. O detalhe com que é necessário mapear a potência irá determinar a frequência de amostragem.

- **Aproximação a uma determinada posição**

- Com o intuito de aproximar a fibra para uma determinada posição, é tirado partido da possibilidade de movimentar os posicionadores em malha fechada, garantindo precisão na ordem das dezenas nanómetros.

- **Evitar regiões “proibidas”**

- Uma vez que o contacto entre a fibra e o PIC danifica o mesmo, é crucial estabelecer uma região de perigo próximo ao PIC para alertar os posicionadores sobre a necessidade de afastar a fibra. A implementação dessa zona de perigo pode ser realizada utilizando a classe de funções *amcids*, que permite implementar um sistema de deteção de intrusos. Quando uma intrusão é detetada, são executados N passos até que o sistema sinalize que deixou de ocorrer uma intrusão, retomando o processo de alinhamento.

1.4 Medição de potência

Como já foi referido, o medidor de potência vai ler a potência ótica transmitida para a fibra e passar a informação ao computador. Para isso, serão implementadas as seguintes funções:

- **Função de inicialização**

- Esta função tem como objetivo estabelecer a ligação entre o computador e o dispositivo, assim como passar as configurações necessárias à sua utilização.

- **Função de leitura**

- Esta função tem como objetivo obter a leitura atual da potência.
- Saída: Potência em dBm;

1.5 Interface do utilizador

A implementação de uma interface gráfica passa por uma primeira fase de estudo do utilizador. Este, tal como já foi especificado, é a própria empresa, uma vez que o consumidor final do nosso produto é a *PICadvanced*. O *design* da UI foi pensado de modo a atender às necessidades e objetivos de utilização do cliente. A interface deverá ainda ser desenhada de modo a que a sua utilização seja simples e intuitiva.

Deste modo, foi esboçada uma maquete do que virá a ser a UI, tendo em atenção todas as necessidades a serem atendidas.

Connect PM100D Connect AMC100 Connect x axis Connect y axis Connect z axis Connect xOy plane Connect xOz plane

Auto alignment

Current optical power (dBm)

Current position (x, y, x, xOy, xOz)

Max. detected optical power (dBm)

Max. power position (x, y, z, xOy, xOz)

Course scan Fine scan

Auto align Plot results

Message log (connection information, warnings, errors, ...)

PM100D init: successful
AMC100 init: failed
Warning: PM100D already connected


 **PICadvanced**
Think outside the box with us!

Figura 6: Maquete da interface do utilizador

Esta interface terá botões que permitem ao utilizador conectar e desconectar dispositivos: *power meter*, controlador e posicionadores. Permite ainda realizar varrimentos de posição grosseiros ou finos com os botões de *Course scan* e *Fine scan*. O botão *Auto align* permite voltar para o último ponto de potência máximo medido, caso haja perturbações consideráveis no processo de alinhamento. De modo a visualizar os resultados, é possível traçá-los num gráfico com o botão *Plot results*.

Nas caixas de texto à esquerda na disposição de informação, é possível verificar a potência a ser medida no momento e a sua posição, bem como a máxima potência medida e a sua posição.

Há ainda uma *message log* onde é mostrada toda a informação sobre conectividade de dispositivos, mensagens de aviso e mensagens de erro.

2 *Milestones* chave

Esta fase de *Elaboration* envolveu uma grande parte de pesquisa. Para além disso, o grupo comprometeu-se a apresentar uma solução viável e bem definida no final desta fase, para esta ser verificada e aceite pela PICadvanced. Na **fig. 7** é possível ver todas as tarefas que foram realizadas durante a fase de conceção.

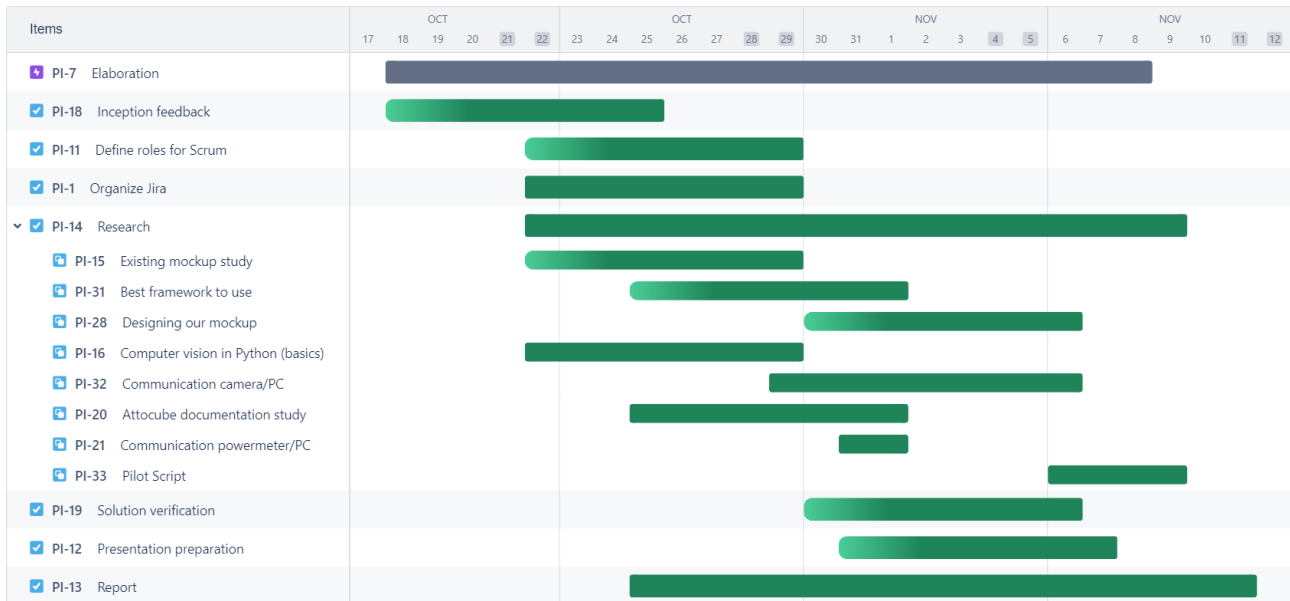


Figura 7: Planeamento do trabalho para a fase *Elaboration*

De uma forma mais concisa, podemos ver as principais *milestones* da mesma fase na **tabela 1**.

Tabela 1: *Milestones* da fase de Conceção

ID	Descrição	Data de conclusão original-mente planeada	Data de conclusão atualmente planeada	Data de conclusão atual
1	Pesquisa sobre os dispositivos utilizados	06/11/2023	—	08/11/2023
2	Algoritmização da solução	05/11/2023	—	07/11/2023
3	Pesquisa do algoritmo de otimização	10/11/2023	21/11/2023	—
4	Pesquisa da interface do utilizador	01/11/2023	—	01/11/2023

3 Progresso e desvio do plano

Desde a fase de conceção que o projeto tem seguido, maioritariamente, o plano inicial. Ao longo desta fase ocorreram alguns contratempos que não causaram grande impacto no plano. Numa primeira iteração, o grupo julgou que o controlo dos posicionadores teria de ser implementado de raiz, no entanto, ao estudar os manuais do AMC100, verificou-se que já estavam implementadas funcionalidades em malha fechada. Uma vez identificado que a pesquisa relativamente ao algoritmo de deteção do máximo de potência é uma tarefa crítica e que carece de desenvolvimento, foram alteradas as sub-equipas de forma a equilibrar redistribuir o trabalho pelos membros. Apesar de ter sido feita uma pesquisa para saber como se distribui a potência no processo de alinhamento de uma fibra ótica, o grupo ainda não consegue confirmar como a posição de todos os eixos do sistema de alinhamento irão afetar a potência, o que contribuiu para o atraso na decisão do algoritmo de otimização. Para colmatar este último desvio, o grupo irá, no início da fase de construção, confirmar a distribuição de potência ao fazer vários varrimentos grosseiros.

4 Plano de trabalhos para a próxima iteração

A próxima iteração, a fase *Construction I*, visa incluir o início efetivo da implementação da solução, bem como todos os testes necessários a serem efetuados durante todo este processo.

As principais tarefas e sub-tarefas planeadas encontram-se na **fig. 8** e espera-se que o peso do trabalho esteja dividido pelos membros do grupo da forma mais equitativa possível.

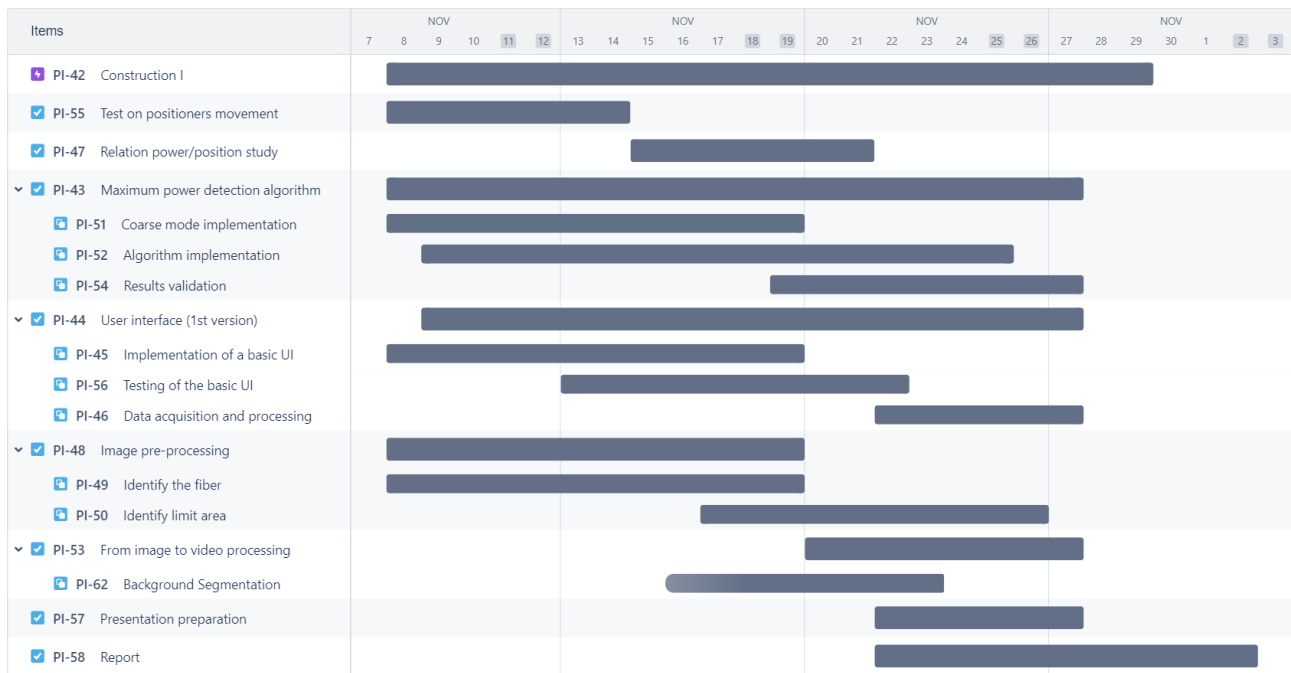


Figura 8: Planeamento do trabalho para a fase *Construction I*

5 Riscos

Os potenciais riscos foram considerados e analisados seguindo a sua probabilidade de ocorrência, gravidade e as suas consequências, como é possível verificar na **tabela 2**. Foi ainda levado em consideração o risco residual resultante da implementação de estratégias de mitigação, tal como a sua probabilidade de ocorrência e gravidade, como observado na **tabela 3**.

Tabela 2: Análise inicial

ID	Riscos	Consequências	Probabilidade	Gravidade	Nível
1	Restrições de tempo	Atrasos no cronograma; Stress e esgotamento; Redução das metas	Ocasional	Marginal	3
2	Solução com convergência lenta	Consumo de tempo e recursos; Produtividade reduzida	Remoto	Marginal	3
3	Abordagem inicial inviável	Retrocessos no progresso geral	Ocasional	Marginal	3
4	Danificar o setup/equipamento	Objetivos não factíveis/testáveis; Insatisfação dos <i>stakeholders</i>	Improvável	Crítico	3
5	Problemas mecânicos	Tempo de inatividade operacional	Remoto	Marginal	3
6	Doença	Produtividade diminuída; Aumento do stress; Disponibilidade da força de trabalho diminuída	Ocasional	Negligenciável	3
7	Indisponibilidade para ir à empresa	Atrasos no projeto; Colaboração reduzida	Remoto	Marginal	4
8	Incompatibilidades de software	Atrasos no projeto; Produtividade diminuída; Qualidade comprometida	Improvável	Marginal	3
9	Problemas de licença de software	Dispositivos inoperáveis; Perda de funcionalidades; Excedentes orçamentários	Improvável	Crítico	3
10	Bottleneck/ problemas nos PCs e no PC do laboratório	Dispositivos inoperáveis/lentos qualquer problema	Improvável	Marginal	4

Tabela 3: Mitigação das consequências e análise de risco residual

ID	Mitigação	Consequências	Probabilidade	Gravidade	Nível
1	Gestão cuidadosa de projeto e escopo; Priorização; Alocação de recursos	Escassez de tempo em tarefas de baixa prioridade; Atraso no projeto	Remoto	Negligenciável	4
2	Reavaliação da solução ou Reavaliação da formulação do problema	Progresso mais lento; Solução menos robusta	Remoto	Marginal	3
3	Reavaliação da solução; Ter um plano de backup se possível	Progresso mais lento; Atraso no projeto	Remota	Marginal	3
4	Entrar em contacto com o pessoal responsável; Plano de contingência do projeto;	Tempo longo para reparar o equipamento; Menos oportunidades de teste	Provável	Marginal	2
5	Entrar em contacto com a pessoal responsável; Avaliação das condições mecânicas; Fazer com que o fornecedor repare os problemas mecânicos	Tempo longo para corrigir os problemas; Menos oportunidades de teste	Improvável	Marginal	4
6	Redistribuir a carga de trabalho durante o tempo livre; Ter mais de uma pessoa designada para tarefas importantes	Possível sobrecarga em outros colegas de equipe; Menos oportunidade para otimizar o projeto	Remota	Negligenciável	4
7	Gerenciar a disponibilidade de membros da equipa e membros da empresa; Gerenciar cuidadosamente a prioridade dos testes	Cronogramas incompatíveis entre empresa e equipe; Menos oportunidades de teste	Improvável	Marginal	4
8	Seleção cuidadosa de software; Pesquisa completa de documentação; Planos de contingência	Progresso mais lento	Provável	Negligenciável	3
9	Entrar em contacto com o pessoal responsável	Reavaliação da solução de software	Improvável	Crítico	3
10	Realizar atualizações de hardware/software; Ajustar o desempenho; Priorização de tarefas	Progresso mais lento devido à reavaliação da solução	Provável	Marginal	2

6 Estado financeiro

Uma vez que o *setup* da máquina de alinhamento já se encontra montado e funcional na empresa, todo o nosso trabalho incide na implementação de *software*. Assim, os componentes necessários são apenas alguns

consumíveis, como cabos de fibra ótica, PICs e conectores, que estão disponíveis assim que precisarmos, não infligindo qualquer tipo de preocupação sobre prazos de envio de componentes.

Tabela 4: Lista do material necessário

#	Categoria	Descrição	Estado	Valor
1	Consumíveis	cabos de fibras, PICs e conectores	Disponível	50€
Total:				50€

7 Contribuição do grupo

Esta fase de elaboração do projeto incidiu, principalmente, na pesquisa em todas as áreas. Todos os elementos da equipa mostraram interesse e empenho de igual forma e apresentaram frutos da sua recolha de informação. Na **fig. 5** é possível verificar as principais contribuições de cada membro da equipa.

Tabela 5: Contribuições dos membros

Membro do grupo	Maiores contribuições	Fração de trabalho(%)
Inês Leite	Funcionamento e conexão do medidor de potência; Algoritmo de procura de máximo	20
Fábio Caldas	Pesquisa sobre o AMC100; Criação de <i>script</i> de teste	20
Ana Caetano	Pesquisa sobre UI: necessidades de um utilizador, maquete existente e <i>design</i> de uma nova maquete	20
João Maltez	Pesquisa sobre o AMC100 e sobre algoritmos de procura de máximo	20
José Batista	Pesquisa sobre Visão e <i>script</i> de teste; Pesquisa sobre a câmara	20

8 Outros problemas

Nesta fase não ocorreram outros problemas relevantes no progresso.