

42088 – Projeto Industrial

Project Status Report

Milestone 3 - Construction I

| | |
|-------------------------------|---|
| Nome do projeto: | Sistema inteligente de assemblagem de circuitos óticos integrados |
| Cliente: | PICadvanced S.A. |
| Supervisor do cliente: | Carla Rodrigues Francisco Rodrigues |
| Data: | 02/12/2023 |
| 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:

Considera-se que houve uma discrepância de expectativas entre o previsto pela unidade curricular e pelo grupo. O grupo planeou esta fase de trabalho tendo como objetivo a quase finalização do projeto para alguns módulos, de modo a focar-se exclusivamente na resolução de possíveis problemas e otimização do projeto na fase seguinte. Assim, será possível verificar ao longo deste relatório que várias tarefas propostas para esta fase de *Construction I* não foram concluídas. Uma vez que isto não reflete o plano de trabalhos da UC, o grupo assume que o projeto se encontra a avançar conforme o previsto para esta *milestone*.

Quanto ao custo, o projeto continua dentro do orçamento inicialmente 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:

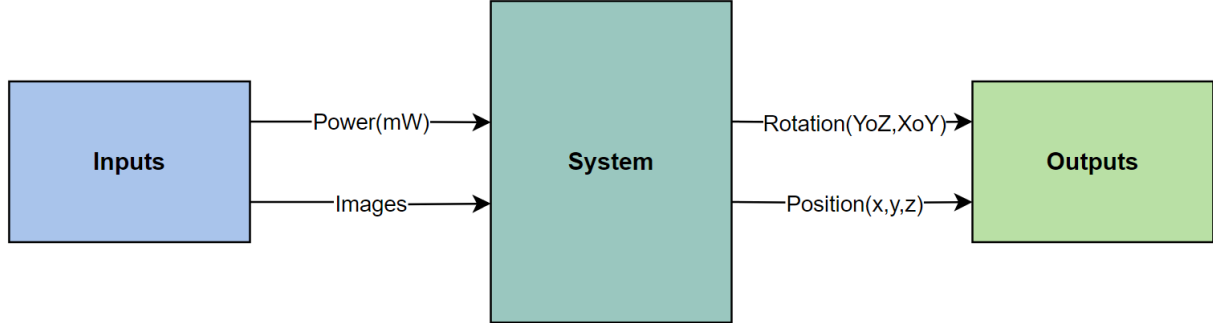


Figura 1: Arquitetura nível 0

Por um lado, as entradas consistem na potência (em mW), 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.

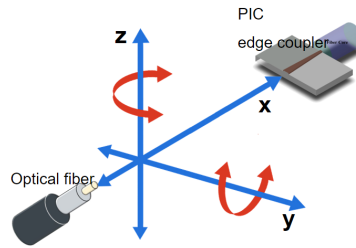


Figura 2: Eixos de movimentação

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).

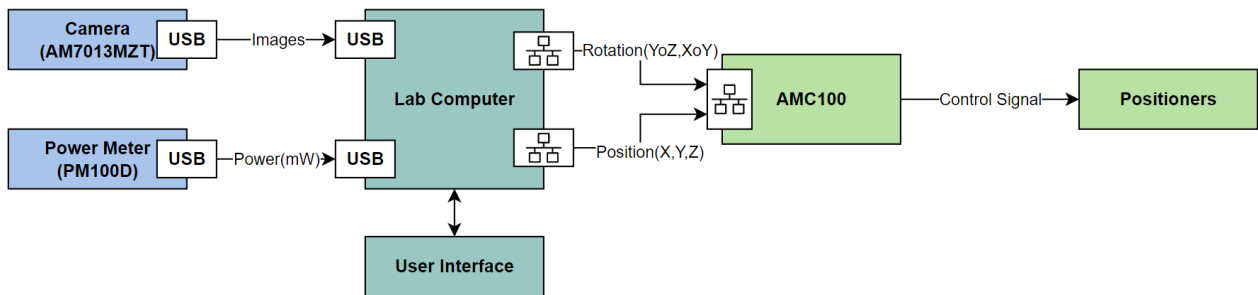


Figura 3: Arquitetura nível 1

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

1.1 Visão por Computador

Relativamente ao processo da visão nesta fase de *Construction I* do projeto, e de acordo com as tarefas idealizadas e concluídas, foi possível obter resultados positivos. É de salientar que se deram atrasos na realização desta fase. Começou por se criar um *script* de leitura dos *inputs* da câmara, tanto através de imagens e vídeos, bem como a visualização em tempo real do instrumento.

Através do *setup* montado para a manipulação dos componentes a acoplar foi possível retirar fotos para o tratamento de imagem pretendido. Começou por se realizar vários testes de máscaras a aplicar na foto para uma melhor identificação da fibra ótica. Aplicaram-se várias máscaras como a de filtro preto e branco para criar uma maior segmentação dos objetos, seguida de uma que provoca um ligeiro desfoque da imagem para acentuar a fibra face ao plano de fundo. Posteriormente a isto, aplicou-se a função *canny* que vai denotar as arestas todas da imagem. Por fim, criou-se uma função que identifica e realça os contornos dos objetos da imagem. Podem ver-se os vários passos de pré-processamento na imagem seguinte:

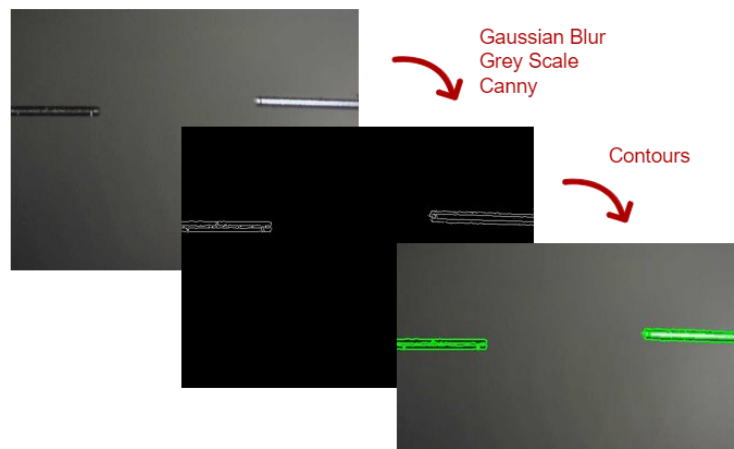


Figura 4: Representação dos passos de pré-processamento

1.2 Varrimento grosseiro (*Coarse Mode Sweep*)

Durante a primeira fase de construção dedicamos especial atenção à implementação do varrimento grosseiro devido à importância da informação que esta disponibiliza. Através dos resultados desta funcionalidade é possível gerar gráficos da distribuição da potência em função da posição da fibra, permitindo visualizar e identificar a região de maior interesse (região cuja potência é relativamente superior).

No decorrer da *Construction I*, uma alteração significativa foi feita à implementação desta funcionalidade, devido às dificuldades encontradas na extração confiável de dados. Assim, foi necessário rever a documentação do *AMC100* para explorar alternativas de implementação. Após um aprofundamento no conhecimento do funcionamento do controlador, foi desbloqueada a possibilidade de controlar os posicionadores em malha fechada mantendo um erro inferior a 5% (em cada 100 nm é obtido consistentemente um erro inferior a 5 nm).

Uma vez dominado o controlo dos posicionadores, é possível descrever o trajeto que a fibra irá percorrer (**fig.5**) e fazer a leitura da potência, obtendo valores de potência a cada N nanómetros sendo a largura e o comprimento da área, e o passo entre as medidas, definido pelo utilizador. Considerando a alta sensibilidade dos posicionadores e do medidor de potência, calcula-se a média de uma série de medidas para cada valor obtido, visando minimizar o impacto das oscilações. O total de medidas de potência é também um argumento da função.

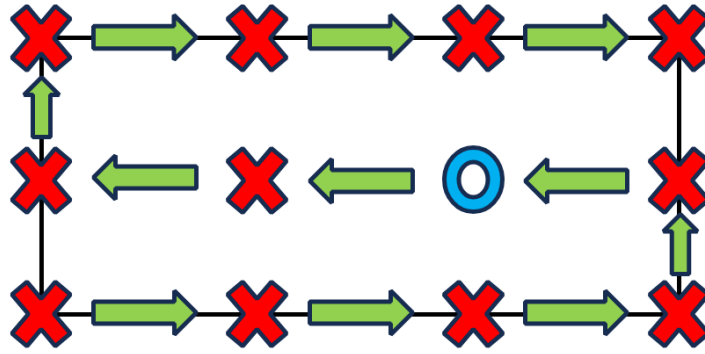


Figura 5: Representação Gráfica do Varrimento

Posto isto, seguem nas figuras seguintes os resultados obtidos para diferentes configurações da função desenvolvida.

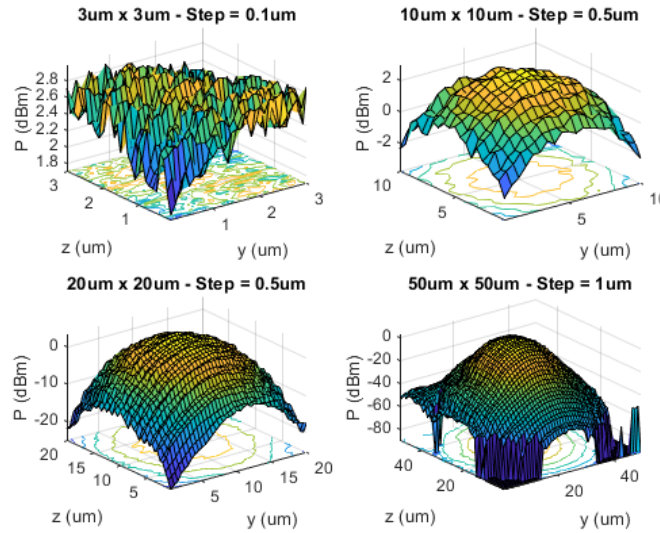


Figura 6: Potência em função da Posição(10 medidas, 5 amostras)

O aspeto dos gráficos proporcionam a otimização das configurações utilizadas, visando melhorar a qualidade das medições que, por sua vez, acelera a convergência para a solução pretendida evitando que o algoritmo de *Hill Climbing (fine mode)* fique preso em máximos locais.

Na **fig.6** observam-se os gráficos da distribuição da potência, cujo elemento comum é o número de medidas e amostras que cada resultado tem. Por observação dos resultados, verifica-se a ilegibilidade do primeiro gráfico, uma vez que a área varrida é demasiado pequena para o número de medidas tiradas. No entanto como podemos concluir através dos restantes gráficos, à medida que se aumenta a área (por consequência, o número de pontos), a potência começa a assemelhar-se à distribuição gaussiana esperada.

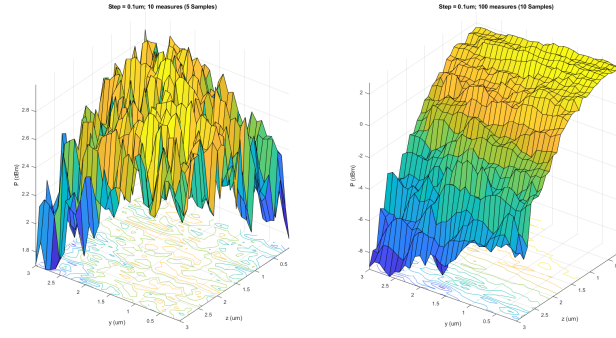


Figura 7: Potência em função da Posição(3um x 3um)

O primeiro gráfico observado na **fig.7** é igual ao primeiro gráfico observado na figura anterior, apenas está disposto de um ângulo diferente.

O objetivo do teste da **fig.7** foi verificar a influência do aumento do número total de medidas de potência para uma janela pequena. Os resultados destacam a importância de incrementar o número total de medidas de modo a diminuir o desvio padrão dos dados obtidos. Com isto conclui-se que o numero de medidas deverá ser inversamente proporcional à área varrida de modo a que o valor da potência seja mais preciso diminuindo a rugosidade do gráfico.

1.3 Varrimento fino

Durante esta fase também se definiu o algoritmo otimização para aplicar no *fine mode*. Este vai ser o algoritmo de *Hill Climbing*, um algoritmo conhecido e bastante usado neste tipo de aplicações.

O fluxograma da implementação a utilizar é o seguinte:

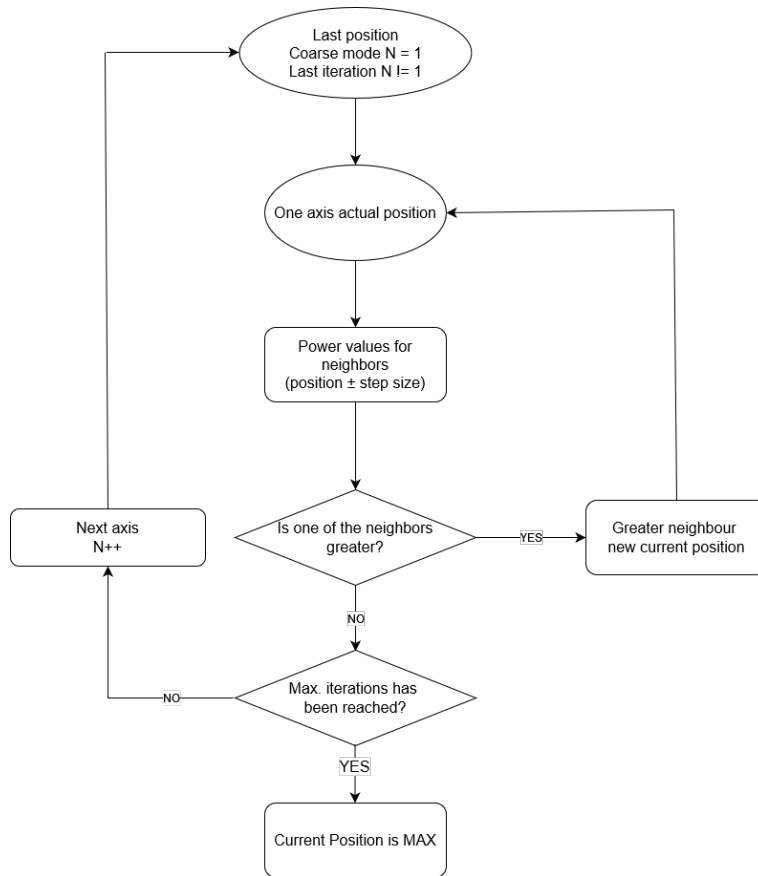


Figura 8: Fluxograma do algoritmo de *Hill Climbing*

Este algoritmo é de otimização eixo a eixo, isto é, em cada iteração referida no fluxograma, este vai percorrer apenas um eixo até encontrar o seu máximo. Após o encontrar, faz o mesmo para o próximo eixo e assim sucessivamente até chegar ao número máximo de iterações.

Em primeiro lugar, começamos da última posição. Caso seja a primeira iteração, esta posição é o ponto obtido do varrimento grosseiro; de outra forma, será a posição final da última iteração. Em segundo lugar, define-se este ponto como posição atual e de seguida mede-se os valores de potência dos seus vizinhos. Estes estão posicionados a $\pm \text{step size}$, isto é, a uma distância fixa e previamente determinada da posição atual como ilustrado na **fig. 9**.

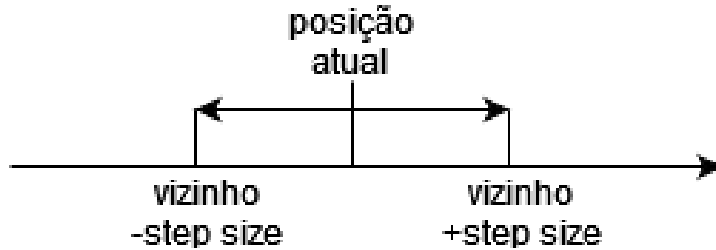


Figura 9: Vizinhos

Se um dos vizinhos tem maior valor de potência lida de que a posição atual, esse vizinho torna-se a nova posição atual e repete-se o *loop* de medição dos vizinhos. Em contrapartida, se tivermos chegado ao número de iterações máximo, assume-se que se encontrou o máximo global. Se não for este o caso, incrementa-se o número de iterações realizadas e passa-se para um novo eixo repetindo-se o processo.

Para poder validar a utilização deste algoritmo, testou-se com dados com a uma forma aproximada da distribuição de potência obtida no *setup*, os resultados foram os seguintes:

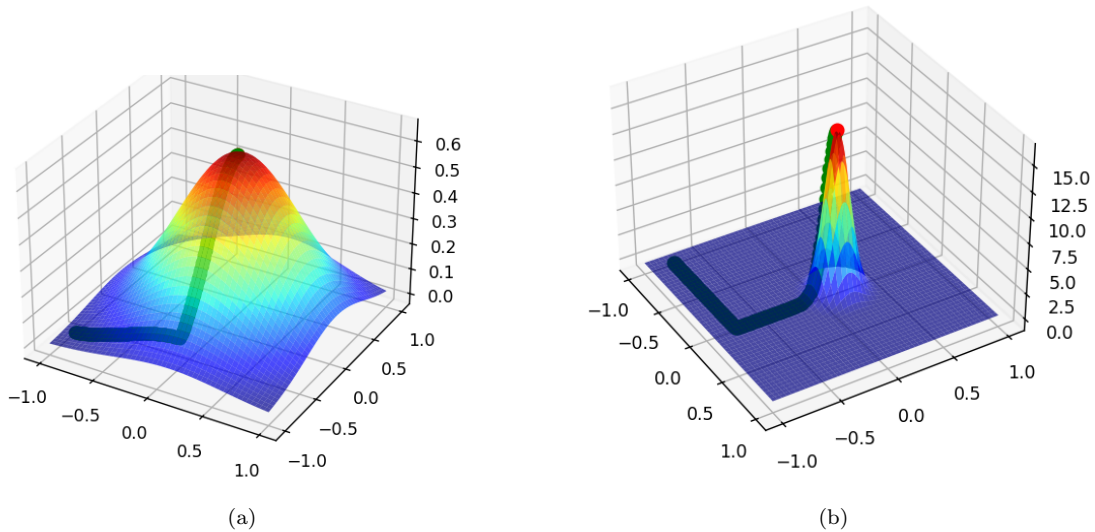
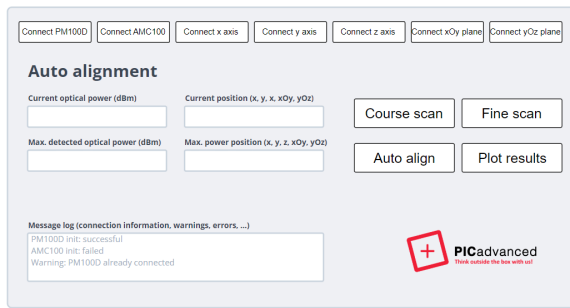


Figura 10: Testes do algoritmo

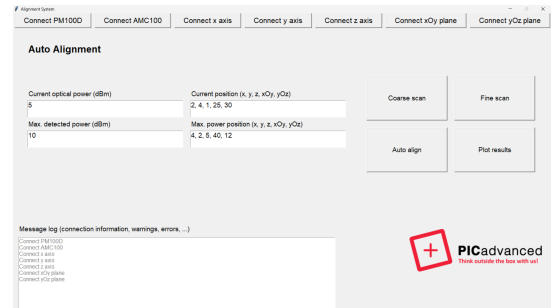
Assim, na **fig.10** conseguimos ver a preto o caminho utilizado pelo programa para alcançar o topo da forma descrita, validando a escolha deste algoritmo para este fim.

1.4 Interface do utilizador

Após aprovação da maquete da interface do utilizador desenhada (**fig. 11(a)**), seguiu-se o desenvolvimento de uma versão básica da mesma. Esta foi implementada em Python tendo por base o *framework* "tkinter".



(a)



(b)

Figura 11: Maquete *versus* versão básica da interface

Esta interface visa atender às necessidades de utilização do cliente, a PICadvanced, e ainda a uma estrutura simples e intuitiva. Assim, todo o desenvolvimento da mesma teve em consideração estes aspetos.

Começou por se implementar uma janela principal que ocupa todo o ecrã e não permite o seu redimensionamento. Adicionou-se um título adequado à janela bem como à área de interação com o utilizador.

De seguida, foram adicionados os botões que permitem ao utilizador realizar a conexão com os diversos dispositivos: *power meter*, controlar e posicionadores.

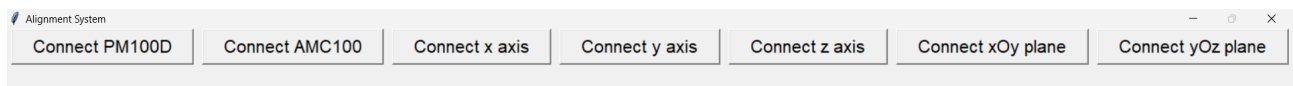


Figura 12: Botões de conexão aos dispositivos

Implementou-se caixas de texto e respetivas legendas que permitem ao utilizador ler os valores de potência/posição medidos pelo *power meter*. Estas caixas de texto encontram-se bloqueadas para que estas sejam apenas de leitura, ou seja, que a informação nestas não possa ser alterada pelo utilizador.

| | |
|------------------------------------|--|
| Current optical power (dBm) | Current position (x, y, z, xOy, yOz) |
| 5 | 2, 4, 1, 25, 30 |
| Max. detected power (dBm) | Max. power position (x, y, z, xOy, yOz) |
| 10 | 4, 2, 5, 40, 12 |

Figura 13: Caixas de texto para leitura de valores de potência/posição

Incorporou-se um conjunto de botões que permitem ao utilizador realizar um varrimento grosseiro de potência, *Course scan*; realizar um varrimento fino de potência, *Fine scan*; voltar ao último ponto de potência máxima medido, caso haja perturbações consideráveis no processo de alinhamento, *Auto align*; e visualizar os resultados obtidos num gráfico, *Plot results*. Todos estes botões abrem novas janelas, sendo que os três primeiros mostram uma mensagem de que a ação selecionada está a ser iniciada e o último mostra um gráfico a três dimensões.

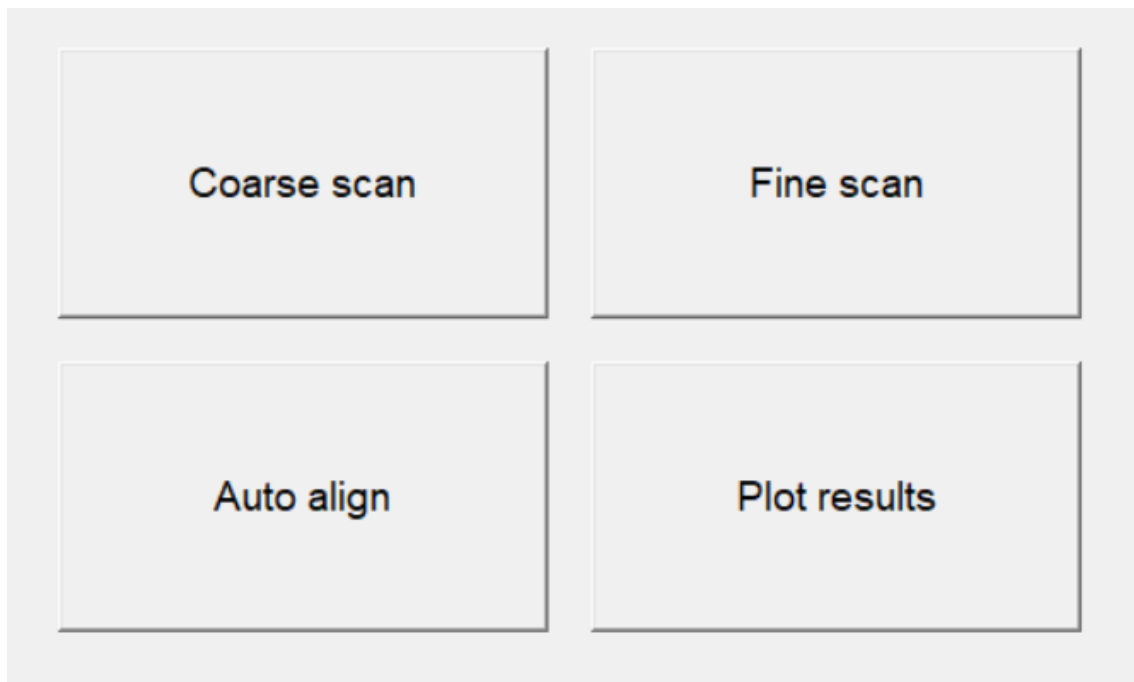
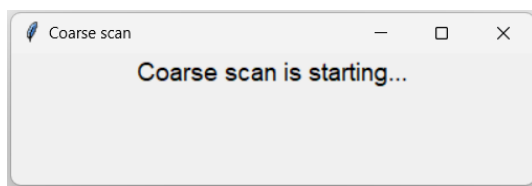
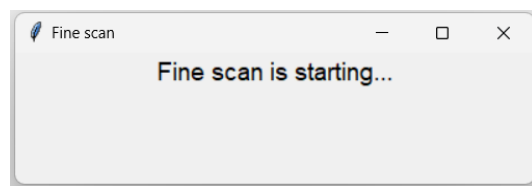


Figura 14: Botões que permitem a abertura de novas janelas



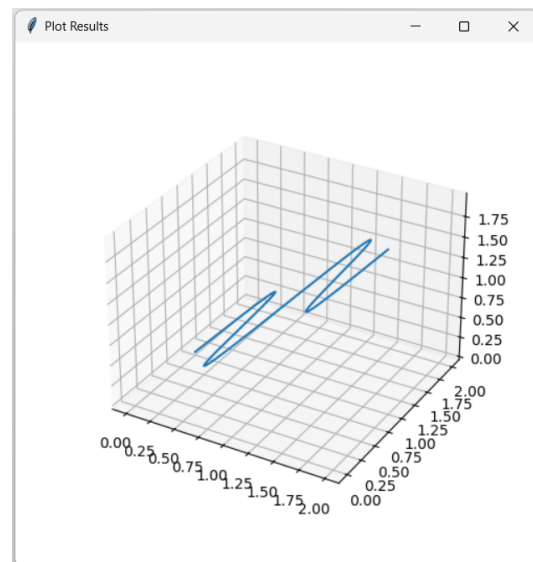
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 15: Janelas abertas pelos botões

Foi implementada ainda uma caixa de texto que funcionará como *message log*, onde será mostrada a informação sobre a conexão dos dispositivos, mensagens de erro e avisos.

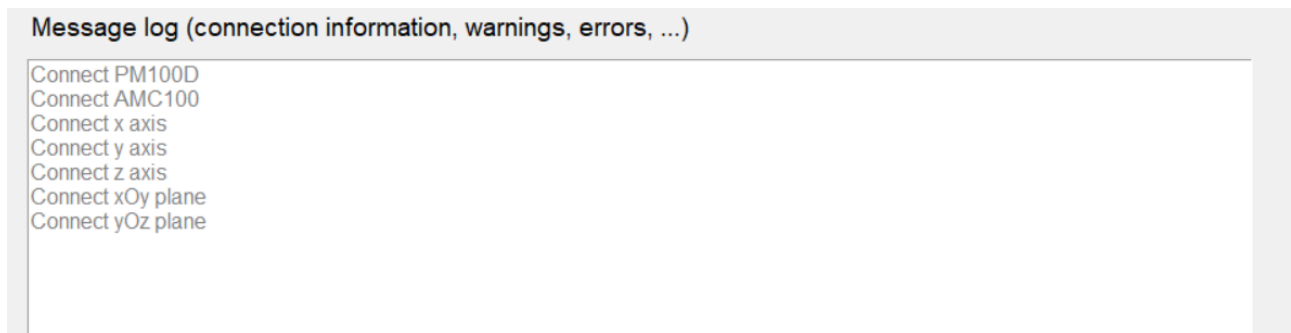


Figura 16: *Message log* com mensagens sobre a conexão dos dispositivos

Por último, foi inserido o logótipo da empresa orientadora do projeto, a PICadvanced, no canto inferior direito da janela.

É de salientar que, nesta fase, a interface ainda não permite realizar qualquer interação com os dispositivos, ou seja, os valores de potência nas caixas de texto e visualizados no gráfico são puramente ilustrativos.

2 Milestones chave

Esta fase de *Construction I* envolveu uma grande parte de desenvolvimento de *software* e teste do mesmo no *setup* da PICadvanced.

Algumas tarefas não foram concluídas como planeado, visto que o grupo delineou as tarefas para esta fase com o pensamento de concluir todos os módulos do projeto nesta fase para, numa próxima iteração, o foco ser a resolução de problemas encontrados e otimização do trabalho desenvolvido. Como seria de esperar, esta abordagem mostrou-se não ideal e irrealista tendo em conta o tempo disponível.

Na **fig. 17** é possível ver todas as tarefas que foram realizadas durante a fase de conceção.

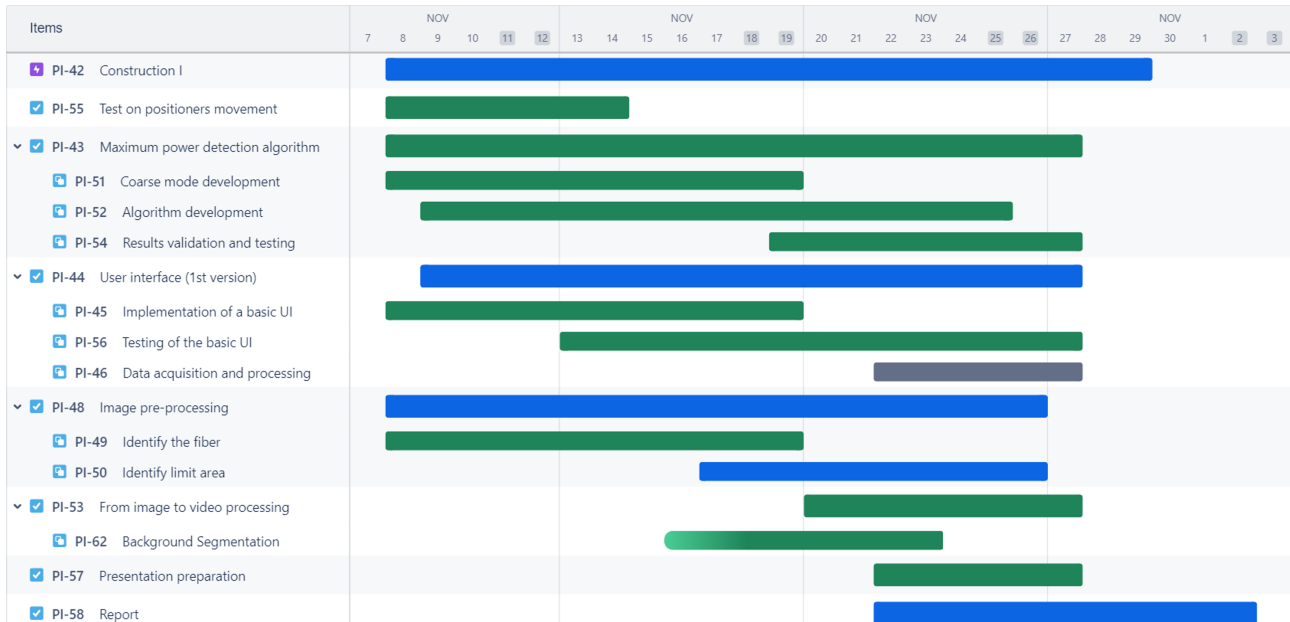


Figura 17: Planeamento do trabalho para a fase *Construction I*

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

Tabela 1: *Milestones* da fase de Construção I

| ID | Descrição | Data de conclusão original-mente planeada | Data de conclusão atualmente planeada | Data de conclusão atual |
|----|---|---|---------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Validação do Coarse Mode e dos resultados obtidos | 19/11/2023 | — | 27/11/2023 |
| 2 | Simulação do Algoritmo de Hill Climbing | 25/11/2023 | 05/12/2023 | — |
| 3 | Desenvolvimento de uma versão base da UI | 25/11/2023 | — | 27/11/2023 |
| 4 | Processamento de imagem e vídeo | 27/11/2023 | — | 29/11/2023 |

3 Progresso e desvio do plano

Um dos principais problemas nesta fase foi a sobrestima do tempo disponível em relação à quantidade de trabalho a realizar. O planeamento de trabalho para esta iteração propunha a finalização de praticamente todo o projeto para alguns módulos, o que não é o previsto para esta fase. Onde se notou mais o impacto da sobrecarga de tarefas para realizar foi no desenvolvimento da Interface do Utilizador, o que levou a que as datas atribuídas sofressem algumas alterações.

No que toca ao desenvolvimento do *Coarse mode* e da sua função de varrimento, o grupo atrasou a implementação da mesma pois não estava a conseguir garantir uma movimentação precisa. Este atraso surgiu devido à difícil interpretação do manual da máquina a usar. Para resolver este problema, o grupo optou por um método de tentativa erro ao testar várias funções do manual que pareciam adequadas para descobrir a sua função. Com isto, o grupo concluiu que deve existir uma melhor familiarização com o manual da máquina a usar e que não nos devemos restringir a uma solução única. De modo a contornar o atraso gerado pela implementação da função de varrimento, a sub-equipa responsável pelo desenvolvimento do algoritmo de *Fine Mode* colmatou este atraso ao simular o varrimento esperado pelo *Coarse Mode* e ao aplicar o método de *Hill Climbing* ao dados gerados.

Sobre as tarefas estipuladas relativamente à Visão por Computador, também se sobrestimou a capacidade de se poder realizar todas as tarefas em tão pouco tempo. A tarefa de manipulação de distâncias apresenta-se como um salto mais complicado e moroso do que o antecipado. Esta etapa foi ajustada para a próxima etapa onde apresentam datas de realização mais ponderadas.

Assim, estas *deadlines* irrealistas e a interpretação incorreta do manual do AMC100 tornaram-se um ponto de pressão desnecessário para os membros da equipa.

4 Plano de trabalhos para a próxima iteração

A próxima iteração, a fase *Construction II*, visa concluir a implementação e teste de todos os módulos bem como a integração dos mesmos num todo.

As principais tarefas e sub-tarefas planeadas encontram-se na **fig. 18** e espera-se que o peso do trabalho esteja dividido pelos membros do grupo da forma mais equitativa possível.

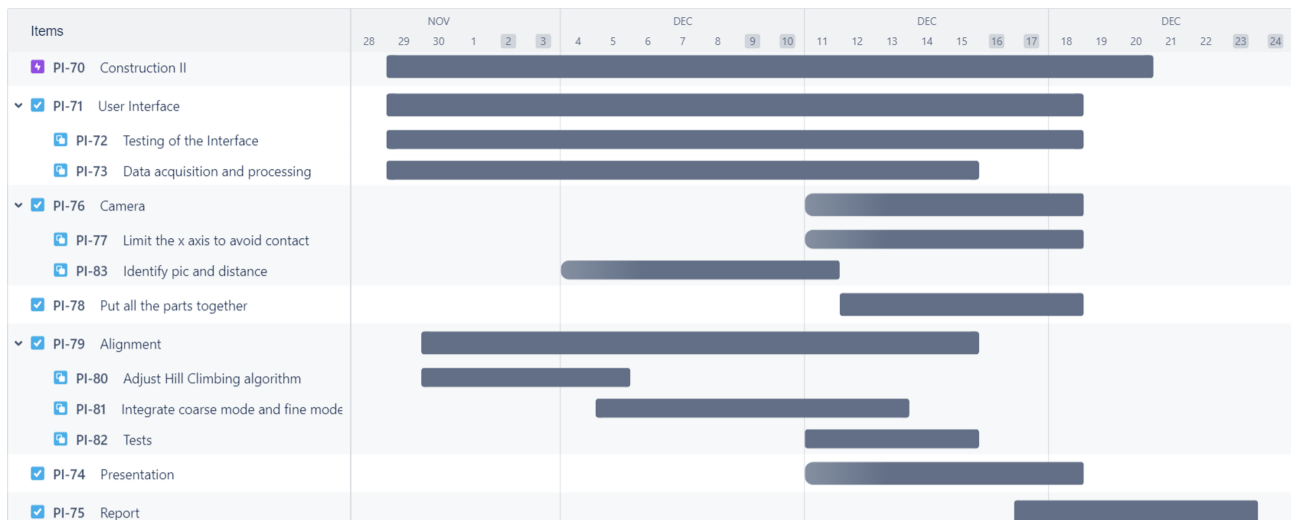


Figura 18: Planeamento do trabalho para a fase *Construction II*

5 Riscos

Os riscos considerados para esta *milestone* mantêm-se em relação aos riscos da fase anterior, bem como as respetivas estratégias de mitigação.

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.

Para além disto, ainda não foi necessário recorrer a qualquer consumível, ou seja, ainda temos todo o material disponível para ser usado na próxima iteração.

Tabela 2: 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 construção do projeto incidiu, principalmente, na implementação e teste de cada um dos módulos do mesmo. A evolução e estado atual de desenvolvimento encontra-se conforme o esperado para esta iteração. Na **fig. 3** é possível verificar as principais contribuições de cada membro da equipa.

Tabela 3: Contribuições dos membros

| Membro do grupo | Maiores contribuições | Fração de trabalho(%) |
|-----------------|--|-----------------------|
| Inês Leite | Desenvolvimento do <i>Fine Mode</i> , teste do mesmo e validação de resultados | 18 |
| Fábio Caldas | Desenvolvimento do <i>Coarse Mode</i> , teste do mesmo e validação de resultados | 28 |
| Ana Caetano | Desenvolvimento e teste da primeira versão da interface do utilizador | 18 |
| João Maltez | Desenvolvimento do <i>Coarse Mode</i> , teste do mesmo e validação de resultados | 18 |
| José Batista | Desenvolvimento do pré-processamento e testes | 18 |

8 Outros problemas

Nesta fase não ocorreram outros problemas relevantes no progresso.