



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

FRAVIZEL - Metalomecânica e Engenharia

**Pedro António Medina da Costa e Silva Louro**

Mestrado em Engenharia Mecânica - Projecto e Produção Mecânica

Abrantes/Dezembro/2016





Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Pedro António Medina da Costa e Silva Louro

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

FRAVIZEL - Metalomecânica e Engenharia

Orientado por:

Doutor Jorge Antunes, Instituto Politécnico de Tomar

Engenheiro Carlos Correia, FRAVIZEL - Metalomecânica e Engenharia

Dr.<sup>a</sup> Joana Frazão, FRAVIZEL - Metalomecânica e Engenharia

Relatório de Estágio

Apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar

para cumprimento dos requisitos necessários

à obtenção do grau de Mestre

em Engenharia Mecânica - Projecto e Produção Mecânica

## RESUMO

---

O presente relatório, que tem por tema, Relatório de Estágio - FRAVIZEL, no âmbito da unidade curricular anual, Estágio, do curso de Mestrado em Engenharia Mecânica - Projecto e Produção Mecânica, orientado pelo Doutor Professor Jorge Antunes, Engenheiro Carlos Correia e Dr.<sup>a</sup> Joana Frazão, realizado na empresa FRAVIZEL e Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, expõe o trabalho desenvolvido durante o seu decorrer na empresa.

**Palavras-chave:** Projecto mecânico, Investigação e Desenvolvimento (I&D),

---

## **ABSTRACT**

---

The present report which as is theme, Relatório de Estágio - FRAVIZEL, on the scope of the curricular unit, Internship, from the course Master's degree in Mechanical Engineering - Project and Mechanical Production, oriented by Doctorate degree Professor Jorge Antunes, Engineer Carlos Correia and Joana Frazão, accomplished at the company FRAVIZEL and Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, relates de the work that was developed on the company.

**Key-words:** Mechanical Project, Research and Development (R&D),

---

## **AGRADECIMENTOS**

---

A toda a minha família e amigos. São os pilares do meu percurso até aqui.

## ÍNDICE GERAL

Resumo .....	II
Abstract.....	III
Agradecimentos .....	IV
1 Objectivo .....	1
2 A FRAVIZEL.....	1
2.1 Estrutura organizacional .....	2
3 Actividades desenvolvidas .....	4
3.1 Preparação de trabalho .....	4
3.1.1 Desenho 3D de Balde para Departamento Comercial .....	5
3.1.2 Projecto Elevador - Minas da Panasqueira .....	6
3.1.3 Projecto e Preparação de um Ancinho para escavadora .....	8
3.1.4 Projecto de um telheiro para linha de transformação de pedra .....	9
3.2 Projectos I&D .....	10
3.2.1 Projecto e desenvolvimento de novo produto: Rachador arranca cepos com engate. 10	
3.2.2 Parametrização 3D da linha de baldes FRAVIZEL.....	24
4 Conclusão.....	26
5 Bibliografia/Webgrafia.....	27
6 Anexos.....	A

## Índice de Figuras

Figura 1 - Instalações da FRAVIZEL.....	1
Figura 2 - As diversas áreas onde actua a FRAVIZEL .....	2
Figura 3 - Estrutura organizacional da FRAVIZEL .....	3
Figura 4 - Departamento de Concepção e Desenvolvimento da FRAVIZEL .....	3
Figura 5 - Desenhos 2D existentes de um modelo de balde .....	5
Figura 6 - Minas da Panasqueira, Castelo Branco .....	6

Figura 7 - Componente desenhado a partir do levantamento e exemplo de máquina a que pertence.....	7
Figura 8 - Braços elevadores de outras carregadoras - Minas da Panasqueira.....	7
Figura 9 - Ancinho para escavadora.....	8
Figura 10 - Telheiro para linha de transformação de pedra.....	9
Figura 11 - Rachador (Modelo FRAVIZEL) a arrancar um cepo de eucalipto.....	10
Figura 12 - Exemplo de uma escavadora.....	11
Figura 13 - Exemplo de uma retroescavadora.....	11
Figura 14 - Modelo de Rachador existente na FRAVIZEL.....	12
Figura 15 - Propriedades mecânicas Aço St52.....	12
Figura 16 - Diagrama de Corpo Livre aplicado no RAC existente.....	13
Figura 17 - Desenho 3D do projecto Rachador com uma machada.....	14
Figura 18 - Desenho 3D do projecto Rachador com duas machadas.....	15
Figura 19 - Fórmulas para cálculo do diâmetro mínimo das cavilhas.....	16
Figura 20 - Fórmulas para cálculo do diâmetro mínimo das cavilhas.....	16
Figura 21 - Fórmulas para cálculo da flecha nas cavilhas.....	17
Figura 22 - Folha de Excel para dimensionamento das cavilhas do Rachador.....	17
Figura 23 - Forças aplicadas na Machada.....	18
Figura 24 - Resultado da simulação numérica a nível de esforços na machada.....	19
Figura 25 - Resultado da simulação numérica referente ao deslocamento.....	20
Figura 26 - Restrições aplicadas no modelo para a simulação.....	21
Figura 27 - Forças que irão actuar no balde quando este estiver a operar.....	22
Figura 28 - Resultado da simulação a nível de esforços no balde.....	23
Figura 29 - Resultado da simulação numérica referente ao deslocamento.....	24
Figura 30 - Folha de Excel criada para parametrizar a linha de baldes.....	25

### **Índice de Equações**

Equação 1 - Transformação das formulas da Figura 2.....	16
---	----

### **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Resultados dos cálculos do Diagrama de Corpo Livre.....	13
--	----



## 1 OBJECTIVO

O objectivo do Estágio foi a integração no Departamento de Concepção e Desenvolvimento da FRAVIZEL, que no seu quotidiano se foca no melhoramento/desenvolvimento de equipamentos e também, como complemento, na preparação e acompanhamento de trabalho para a Produção.

Pretendia-se também que fossem aplicados os conhecimentos adquiridos durante a componente teórica do curso.

## 2 A FRAVIZEL

A FRAVIZEL– Equipamentos Metalomecânicos, S.A., é uma sociedade anónima, com sede em Pé da Pedreira, Alcanede, Concelho e Distrito de Santarém, constituída em 1998.



Figura 1 - Instalações da FRAVIZEL [1]

Foi fundada por Eliseu Manuel Vicente Frazão que iniciou a sua actividade empresarial com a reparação de máquinas e de veículos automóveis, no ano de 1984, em nome individual.

Situado numa zona geográfica onde predominam as pedreiras de exploração de calcário, sob variadas formas, foram surgindo solicitações da parte deste mercado no sentido do apoio nas reparações das inúmeras máquinas em laboração.

A evolução do mercado levou-o a constituir a empresa Auto Frazão - Comércio e Reparação de Máquinas e Combustíveis, Lda. em 1992. A evolução do negócio originou a diversificação da actividade de onde surgiu a necessidade da produção de equipamentos para aquelas máquinas.

De forma a separar e a orientar da melhor forma as actividades exercidas, no ano de 1998, surge uma nova firma, exclusivamente dedicada à construção de equipamentos metalomecânicos - FRAVIZEL- Equipamentos Metalomecânicos, Lda. vocacionados para as seguintes áreas:

- Rocha natural, Construção e Obras Publicas, Florestal, Minas, Portuário e Industria.

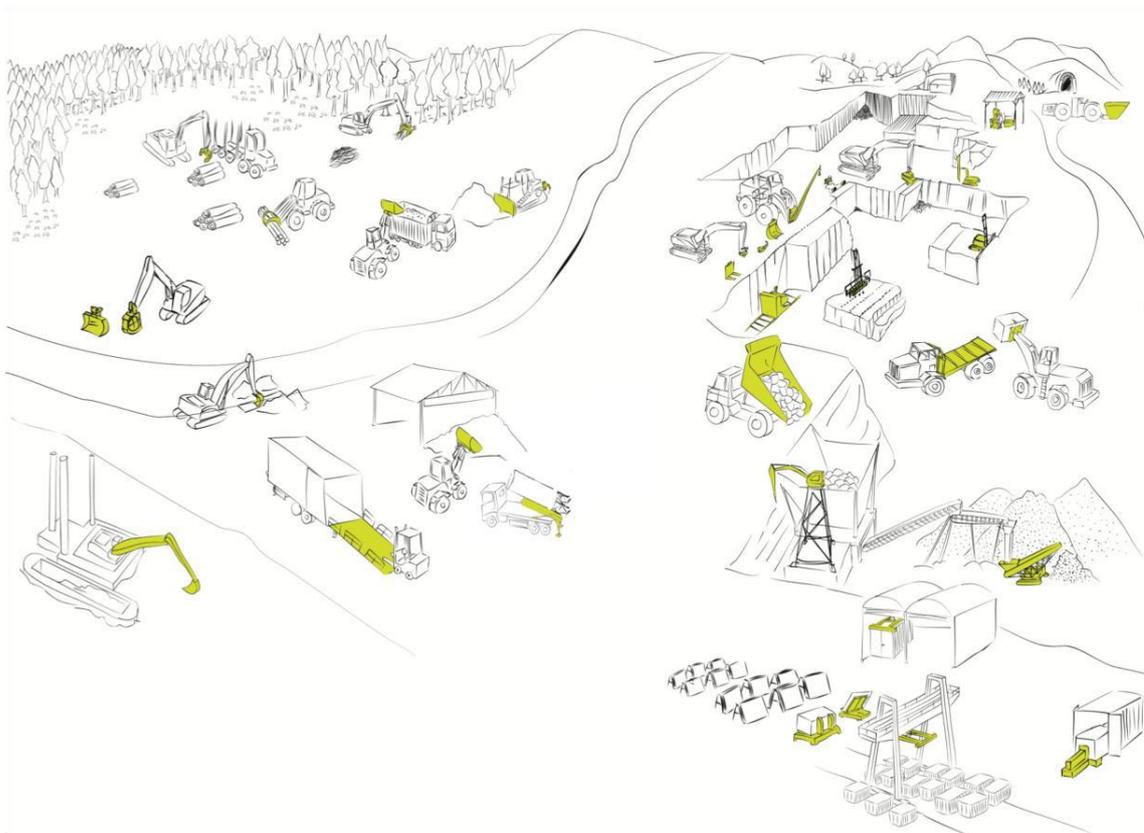


Figura 2 - As diversas áreas onde actua a FRAVIZEL

## 2.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A empresa encontra-se subdividida em sete Departamentos e um Gabinete técnico, sendo que o Estágio decorreu no Departamento de Concepção e Desenvolvimento.

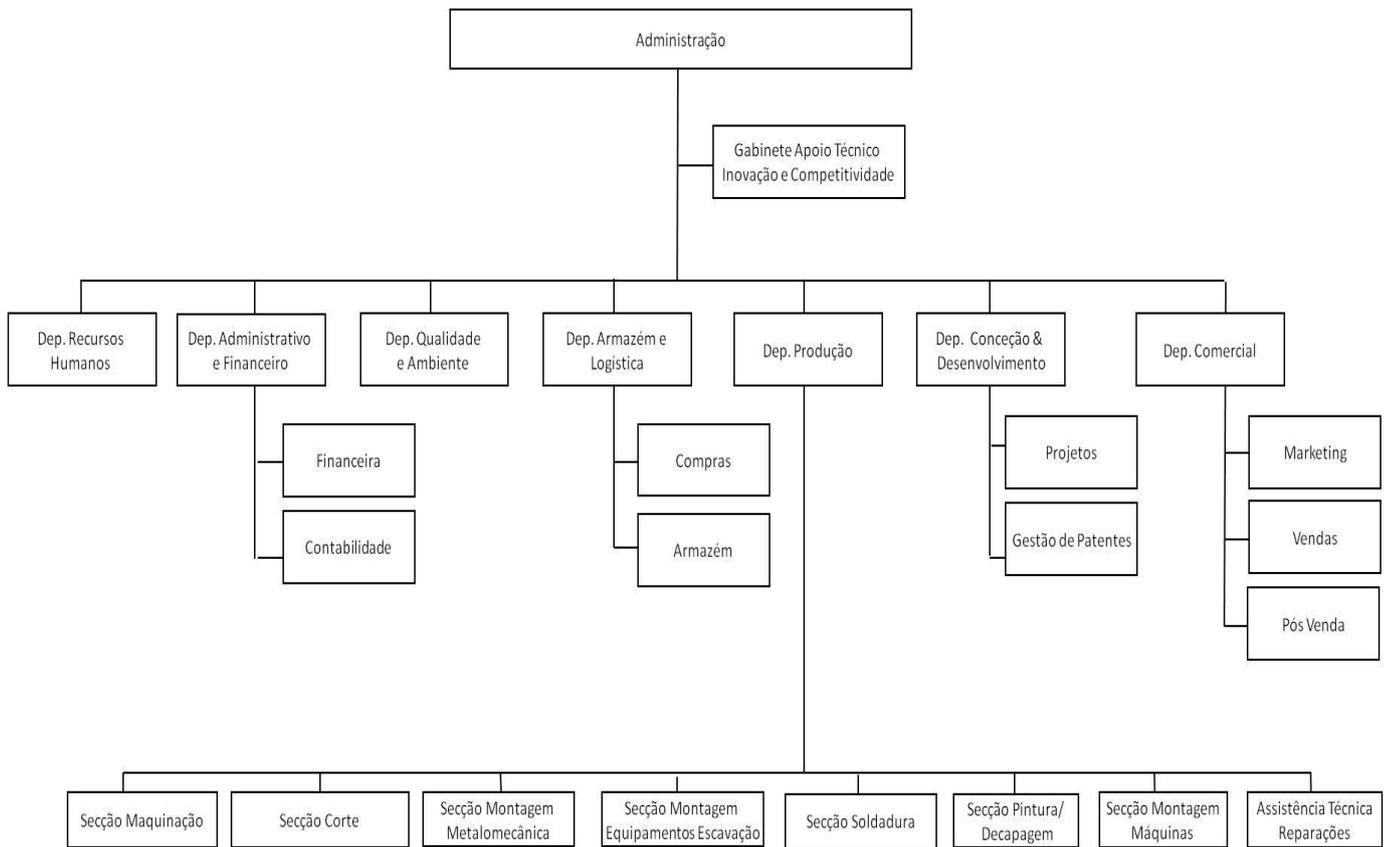


Figura 3 - Estrutura organizacional da FRAVIZEL [1]



Figura 4 - Departamento de Conceção e Desenvolvimento da FRAVIZEL

### **3 ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS**

As actividades desenvolvidas foram variando ao longo do Estágio e focaram-se principalmente nas áreas da Rocha Natural, Minas e Florestal. Essas actividades estão agrupadas pelas seguintes categorias:

- **Preparação de trabalho:**

Este tópico contempla todo o trabalho, que de alguma forma, está relacionado directamente com o Departamento de Produção e/ou Departamento Comercial;

- **Projectos I&D:**

Neste tópico estão inseridos todos os projectos desenvolvidos de raiz, ou a partir de outros já existentes.

Os softwares de modelação utilizados, durante o Estágio, na realização dos trabalhos foram o Autocad e o Autodesk Inventor. Além dos softwares de modelação, foi utilizado também o Microsoft Excel devido à sua versatilidade.

#### **3.1 PREPARAÇÃO DE TRABALHO**

Apesar de não ser o tópico predominante do Estágio, daí não ser muito aprofundado neste relatório, irá merecer algum escrutínio, pois devido à sua transversalidade permitiu adquirir competências em tarefas que não são abordadas no curso, tais como levantamentos dimensionais e todo o processo de criação de um modelo 3D a partir de um componente existente.

Durante o Estágio surgiu a necessidade de complementar o horário de trabalho, nos períodos entre projectos I&D, com algo que fosse tanto útil para o Estagiário, como para a empresa. Assim nesses períodos o tempo foi dispendido na preparação de trabalho, tanto para o Departamento de Produção, como para o Departamento Comercial.

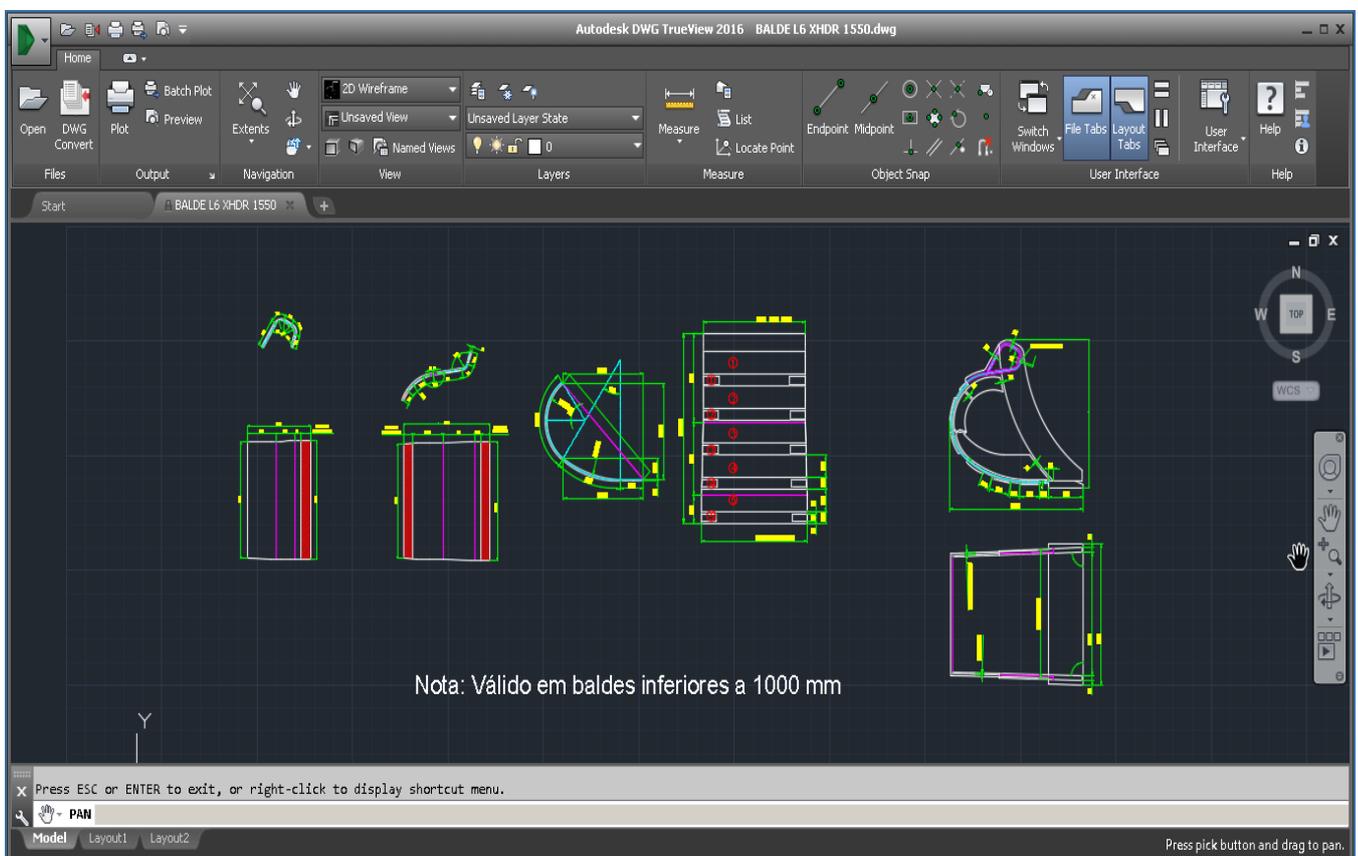
Os tópicos 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 são o resultado do trabalho desenvolvido na preparação de trabalho.

### 3.1.1 Desenho 3D de Balde para Departamento Comercial

**Área de actuação:** Minas/Rocha Natural

**Horas de trabalho:** 11

Neste trabalho, a pedido do Departamento Comercial, com o intuito de apresentar ao cliente o produto que iria comprar, foram transformados do modelo 2D (Autocad) para modelo 3D (Inventor), os desenhos de dois modelos diferentes de baldes com algumas variações a nível de acessórios.



**Figura 5 - Desenhos 2D existentes de um modelo de balde**

## 4 FORAM CRIADOS DESENHOS COMERCIAIS PARA OS SEGUINTE MODELOS (ANEXOS

**4** Anexo A):

- BALDE L6 PXHDR 1550
- BALDE L6 PXHDR 1550 (versão Inglês)
- BALDE L6 XHDR 1550
- BALDE L6 XHDR 1750\_4 dentes
- BALDE L6 XHDR 1750\_4 dentes\_c protecção da lamina
- BALDE L6 XHDR 1750\_5 dentes

**4.1.1 Projecto Elevador - Minas da Panasqueira**

**Área de actuação:** Minas

**Horas de trabalho:** 39



**Figura 6 - Minas da Panasqueira, Castelo Branco**

Após pedido de orçamento de um cliente, foi feita uma deslocação às Minas da Panasqueira para se levar a cabo o levantamento de um braço elevador de uma escavadora subterrânea, modelo Atlas Copco ST7LP, e criar um modelo 3D e um novo projecto.

O trabalho desenvolvido para este projecto encontra-se no Anexo B. Inclui desenhos 2D do levantamento e todo o projecto em Inventor.

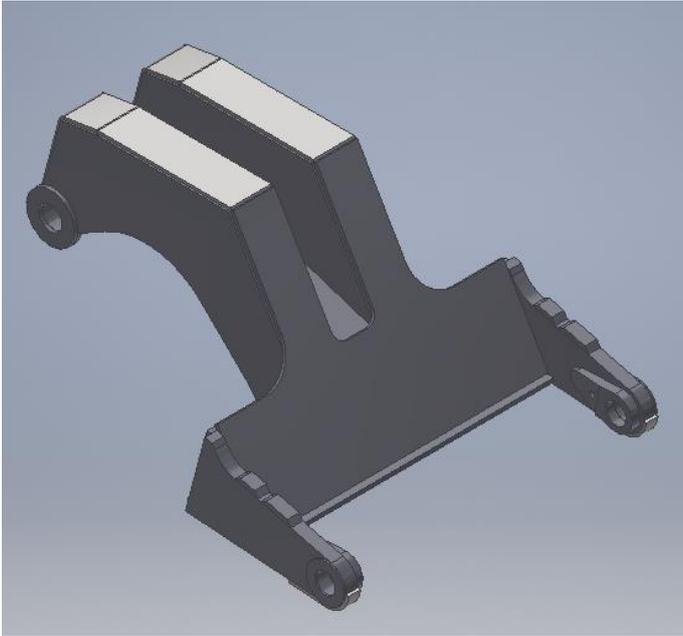


Figura 7 - Componente desenhado a partir do levantamento e exemplo de máquina a que pertence



Figura 8 - Braços elevadores de outras carregadoras - Minas da Panasqueira

#### 4.1.2 Projecto e Preparação de um Ancinho para escavadora

**Área de actuação:** Florestal

**Horas de trabalho:** 15

A pedido de um cliente foi desenvolvido pelo Departamento C&D, um ancinho para escavadora, e posteriormente feito o projecto e preparação de trabalho para a Produção. Na Figura 9 está o resultado do trabalho realizado e o restante projecto encontra-se no Anexo C.



**Figura 9 - Ancinho para escavadora**

#### 4.1.3 Projecto de um telheiro para linha de transformação de pedra

**Área de actuação:** Rocha Natural

**Horas de trabalho:** 26,5

Foi solicitado pelo chefe de Departamento C&D, que fosse feito o projecto e simulação de um telheiro [Figura 10] para uma linha de transformação de pedra, com o intuito de proteger os trabalhadores da intempérie, que nas pedreiras podem ser bastante hostis. Na **Error! Reference source not found.** é possível ver o desenho 3D do projecto. O restante projecto encontra-se no Anexo D.

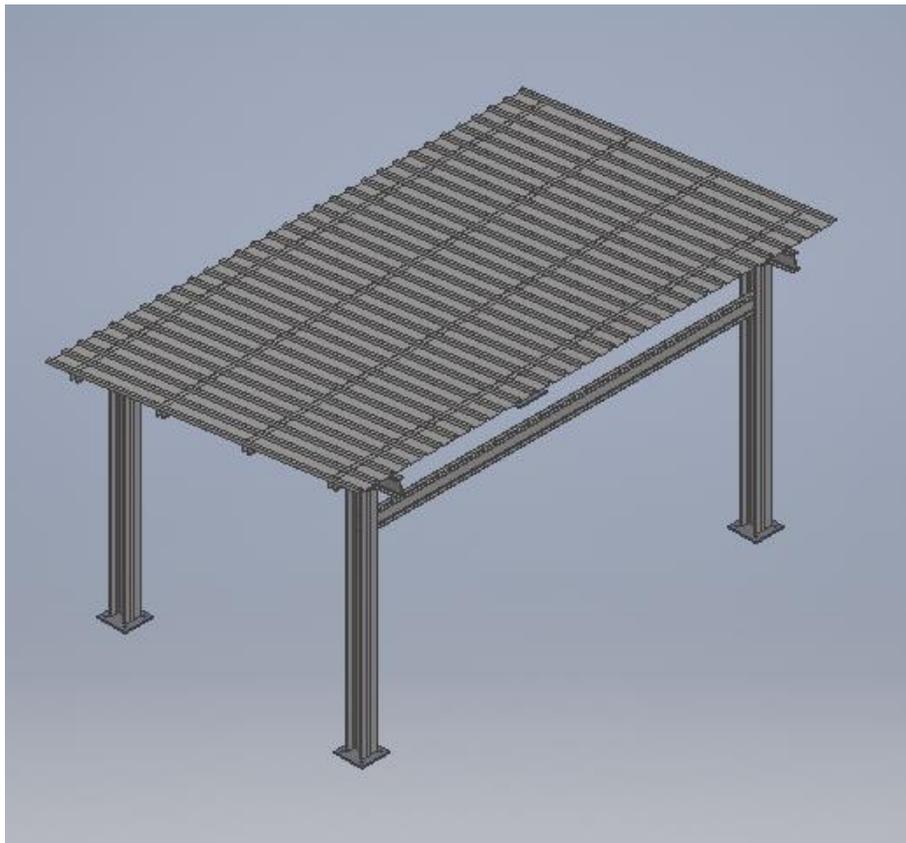


Figura 10 - Telheiro para linha de transformação de pedra

## 4.2 PROJECTOS I&D

Os projectos de Investigação e Desenvolvimento nascem da necessidade de criar e inovar de forma a não perder competitividade no mercado onde se actua.

Neste capitulo são retratados os projectos desenvolvidos durante o Estágio.

### 4.2.1 Projecto e desenvolvimento de novo produto: Rachador arranca cepos com engate.

Este projecto surgiu da necessidade de um cliente, do ramo florestal, em minimizar os custos de transporte dos cepos de eucalipto [Figura 11] do campo para o processamento e de tornar a ferramenta mais versátil, no sentido de poder ser utilizada por vários tipos diferentes de máquina, escavadora [Figura 12] ou retroescavadora [Figura 13] e de ser de fácil aplicação na máquina.



Figura 11 - Rachador (Modelo FRAVIZEL) a arrancar um cepto de eucalipto. [2]

"O rachador arranca cepos é uma ferramenta que permite uma boa penetração junto à raíz assim como a extracção e o corte com facilidade, não deixando a cova do cepto aberta. Tem ainda, na parte frontal, uma lâmina que permite outras funcionalidades, tais como: empurrar os cepos e as terras, alisar irregularidades do terreno, etc." [2]



**Figura 12 - Exemplo de uma escavadora**



**Figura 13 - Exemplo de uma retroescavadora**

O resultado da investigação e desenvolvimento deste novo projecto é evidenciado nos tópicos seguintes.

#### 4.2.1.1 Ponto de partida

O ponto de partida para o início deste projecto, foi o modelo patenteado existente de um Rachador Arranca Cepos (RAC) [Figura 14].



Figura 14 - Modelo de Rachador existente na FRAVIZEL [2]

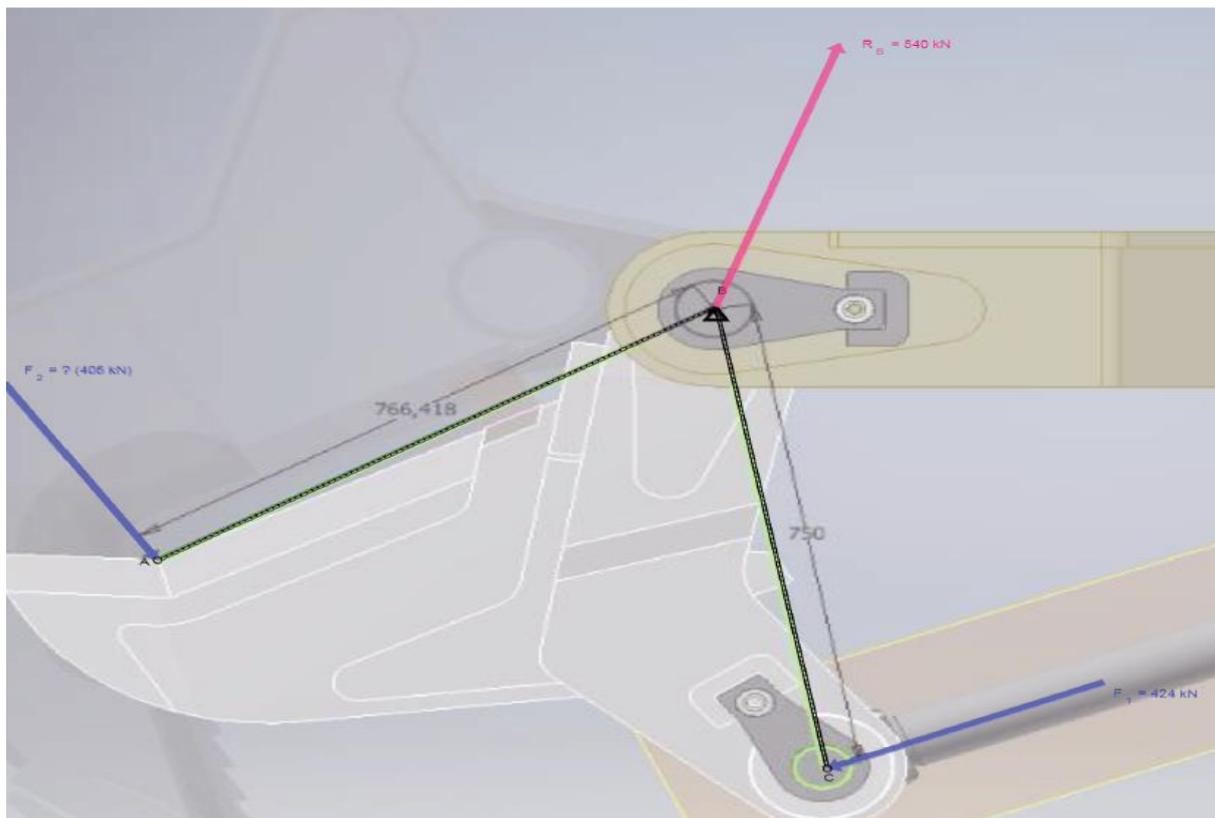
Pegando no projecto existente de um RAC, foram realizados os cálculos, utilizando o software Autodesk ForceEffect, para determinar a força de corte exercida pelo equipamento [Error! Reference source not found.] e que serviu de base para o projecto a desenvolver.

O material considerado para os cálculos foi o aço de construção ST52 (S355) cujas propriedades estão descritas na Figura 15

<b>Aço de construção</b> <b>Exemplos (prEN 10025-2:2009)</b>	
<table border="1"><tr><td>S355</td></tr></table> <ul style="list-style-type: none"><li>• Aço de construção com tensão de cedência 355 N/mm<sup>2</sup></li></ul>	S355
S355	

Figura 15 - Propriedades mecânicas Aço St52 [Anexo F] [4]

AUTODESK® FORCEEFFECT™



**Inputs:**

Elements		
Element	Length	Weight
A-B	764 mm	
B-C	750 mm	

Forces			
Force	Direction	Size	Angle
F <sub>1</sub>	↓	424 kN	203°

**Results:**

Reaction Forces			
Force	Direction	Size	Angle
R <sub>B</sub>	↑	540 kN	71°

Figura 16 - Diagrama de Corpo Livre aplicado no RAC existente [Anexo E]

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Resultados dos cálculos do Diagrama de Corpo Livre

Força aplicada pelo cilindro	424	kN
Força de Reacção ( R)	540	kN
Força de Corte	405	kN

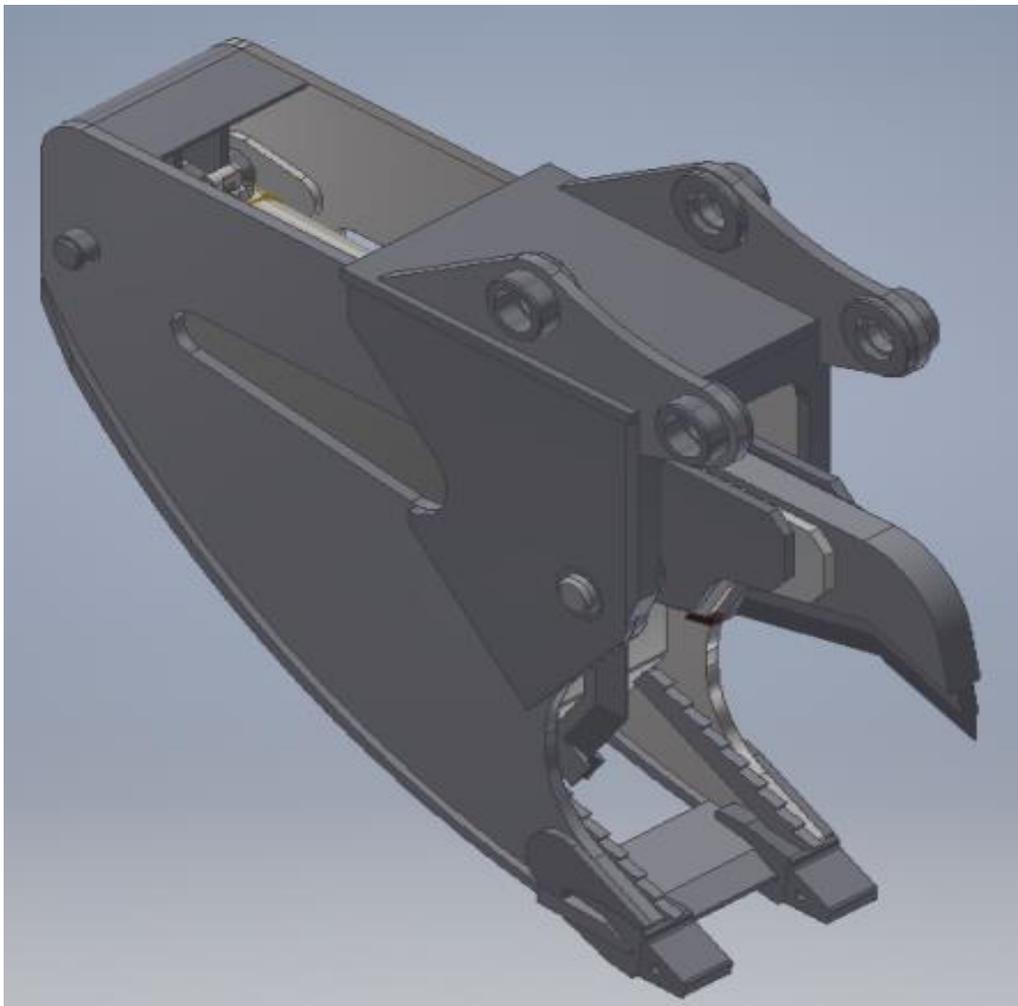
Assim, para o novo rachador, foi tido como objectivo atingir uma força de corte de 405 kN, para a mesma situação observada na Figura 16, com a machada fechada.

O relatório deste estudo feito ao rachador encontra-se no Anexo E.

#### **4.2.1.2 O modelo escolhido**

O desenvolvimento deste novo projecto levou cerca de 3 meses a concluir. Até chegar às opções finais foram feitos vinte estudos de outros modelos de rachadores. Cada um deles permitiu chegar um pouco mais perto do produto final. No final, foram criados dois projectos novos, o Rachador de cepos com uma machada [Figura 17] e o Rachador de cepos com duas machadas [Figura 18]

- Rachador de cepos com uma machada;



**Figura 17 - Desenho 3D do projecto Rachador com uma machada [Anexo G**

- Rachador de cepos com duas machadas.

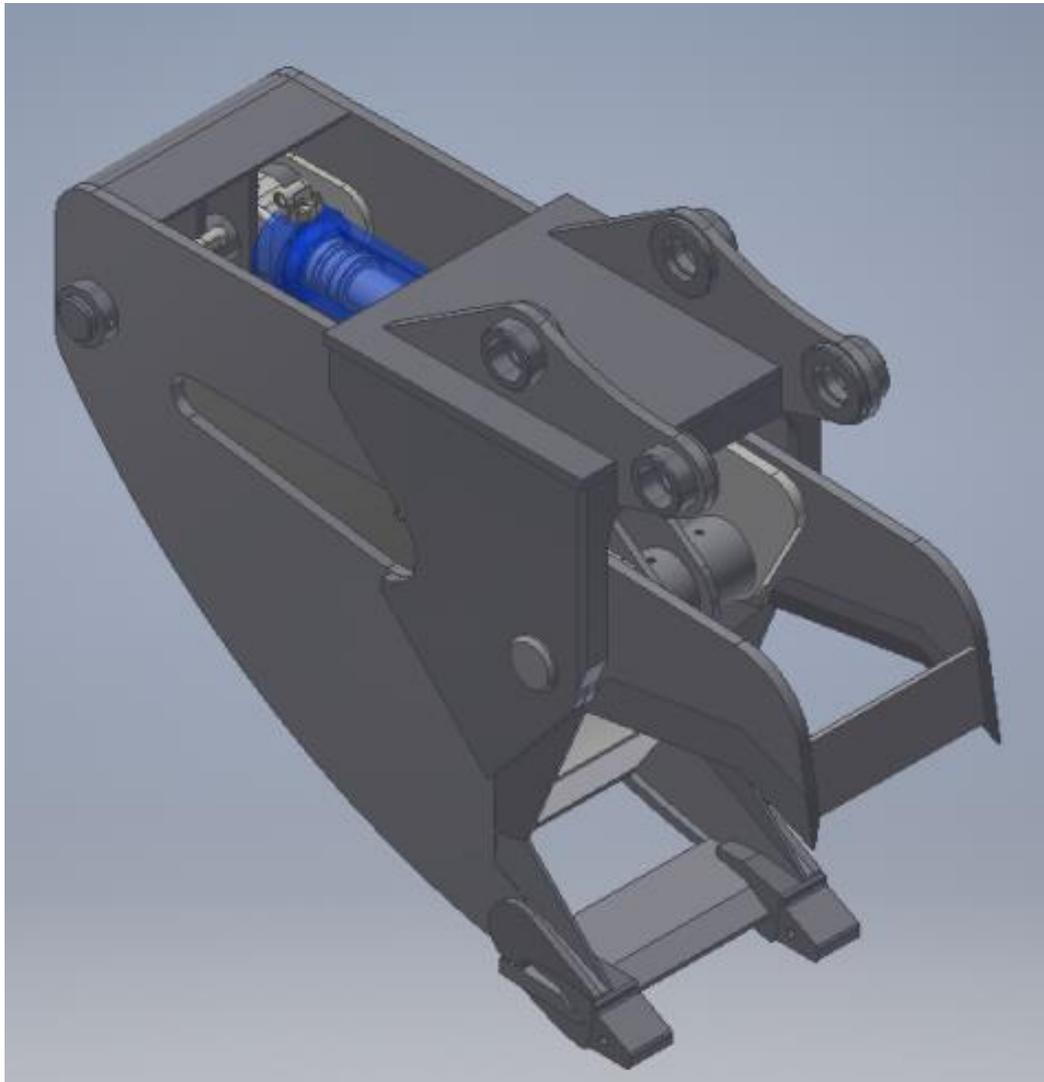


Figura 18 - Desenho 3D do projecto Rachador com duas machadas [Anexo G

#### **4.2.1.3 Dimensionamento das cavilhas**

Para o dimensionamento das cavilhas foram feitos cálculos para solicitações de forças de corte e flexão.

Para determinar o Diâmetro mínimo das cavilhas para as solicitações ao corte foram utilizadas as formulas da Figura 19 e Equação 1. **Error! Reference source not found.**



Figura 19 - Fórmulas para cálculo do diâmetro mínimo das cavilhas [Error! Reference source not found.]

Equação 1 - Transformação das formulas da Figura 19 [Error! Reference source not found.]

$$\frac{4}{3} \frac{F}{A} \leq \tau_{perm.}$$

Para as solicitações à flexão as fórmulas utilizadas para a obtenção do diâmetro mínimo, foram as da Figura 20.

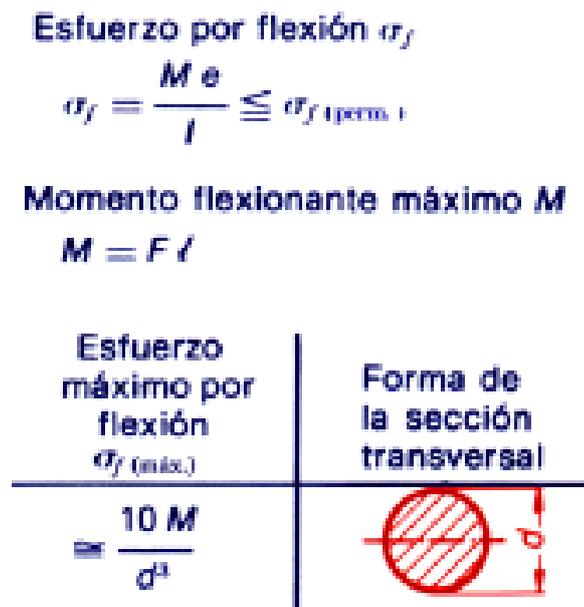


Figura 20 - Fórmulas para cálculo do diâmetro mínimo das cavilhas [Error! Reference source not found.]

Foram também feitos cálculos para determinar a flecha em cada uma das cavilhas. As fórmulas encontram-se na Figura 21.

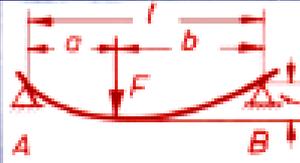
Reacciones		Momento flexionante máximo $M_{máx}$	Deflexión máxima $f$	Tipo de carga
Fuerza en A	Fuerza en B			
$\frac{Fb}{l}$	$\frac{Fa}{l}$	-	$\frac{F a^2 b^2}{3 E I l}$	

Figura 21 - Fórmulas para cálculo da flecha nas cavilhas [Error! Reference source not found.]

Todos os cálculos realizados e resultados obtidos encontram-se na folha de Excel no Anexo e representados aqui pela Figura 22.

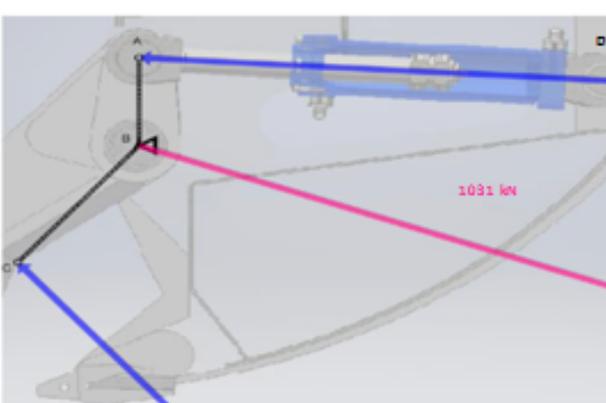
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
1				AUTODESK® FORCEEFFECT								
2												
3	Dadar de entrada	Pressão utilizada [bar]	Di Cilindro [mm]									
4		350	130									
5												
6		Força deixada da cilindra [kN]										
7		464,6										
8	Dadar deixada	Força deixada [ton]										
9		47,4										
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21				<b>DIMENSIONAMENTO DAS CAVILHAS</b>								
22				RDM			RUM					
23				PONTOA	PONTOB	PONTOC	PONTOA	PONTOB	PONTOC			
24		preenchimento man.		Carqa [kN]	929	2062	929	465	1031	465		
25		preenchimento aut.		L [mm]	520	670	510	130	385	345		
26				σced [Mpa]	355	355	355	355	355	355		
27				CS	1	1	1	1	1	1		
28				σrad [Mpa]	355	355	355	355	355	355		
29				τ ad [Mpa]	234	234	234	234	234	234		
30				E [Gpa]	215	215	215	215	215	215		
31				<b>Projeto à flexão</b>			<b>Projeto à flexão</b>					
32				Mflectar [kN.m]	60,4	172,7	59,2	7,5	49,6	20,0		
33				Dmin [m]	0,120	0,170	0,119	0,060	0,112	0,083		
34				[mm]	120	170	119	60	112	83		
35				Flecha [m]	0,0003	0,0004	0,0003	0,0000	0,0002	0,0002		
36				[mm]	0,3	0,4	0,3	0,0	0,2	0,2		
37				<b>Projeto em corte</b>			<b>Projeto em corte</b>					
38				Dmin [mm]	82	122	82	58	86	58		
39				<b>Projeto à torção</b>			<b>Projeto à torção</b>					
40				D [mm]		177,8			121			
41				d [mm]		152,8			96			
42				braço AB [mm]		300			300			
43				τ [Mpa]		97,0			78,3			

Figura 22 - Folha de Excel para dimensionamento das cavilhas do Rachador [Anexo G

#### 4.2.1.4 Simulação numérica

Através do módulo de simulação numérica do software Autodesk Inventor, foram realizados vários estudos, após terem sido feitos os dimensionamentos das cavilhas, ao comportamento mecânico do novo modelo de rachador.

#### Modelação da Machada do Rachador

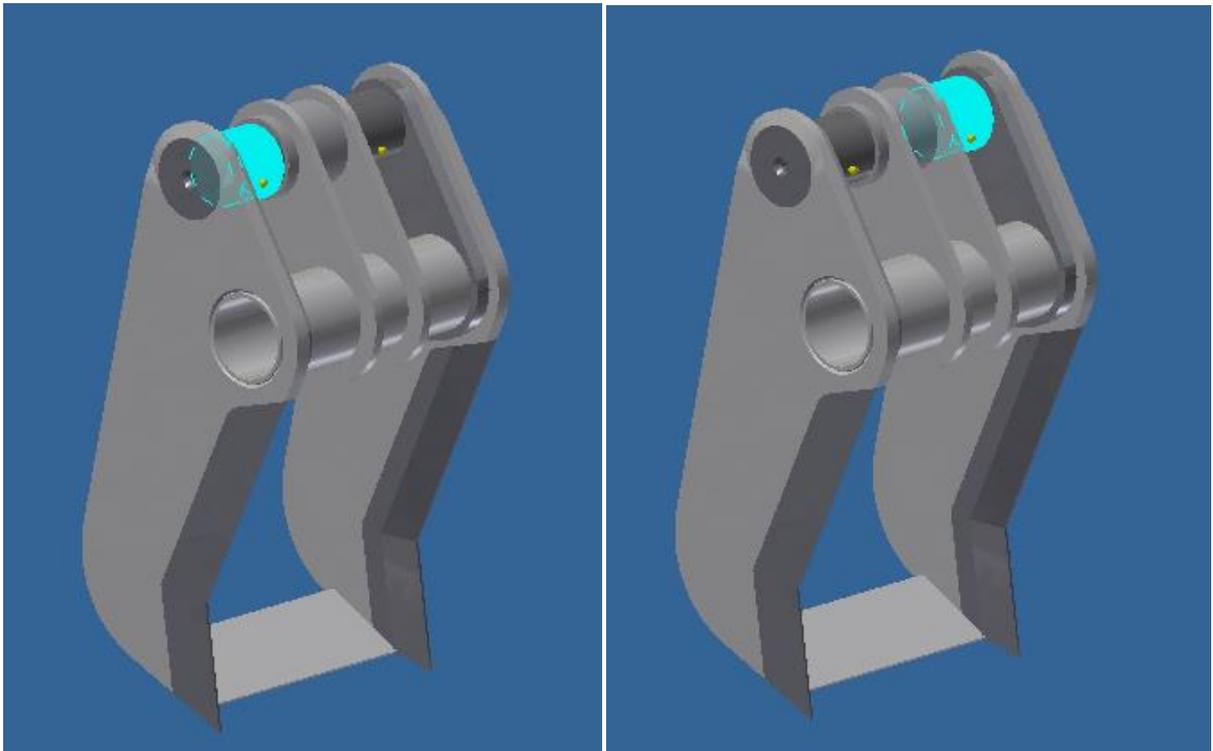


Figura 23 - Forças aplicadas na Machada [Anexo G]

Na Figura 23 estão representadas as forças existentes que irão ser aplicadas pelos cilindros hidráulicos na machada.

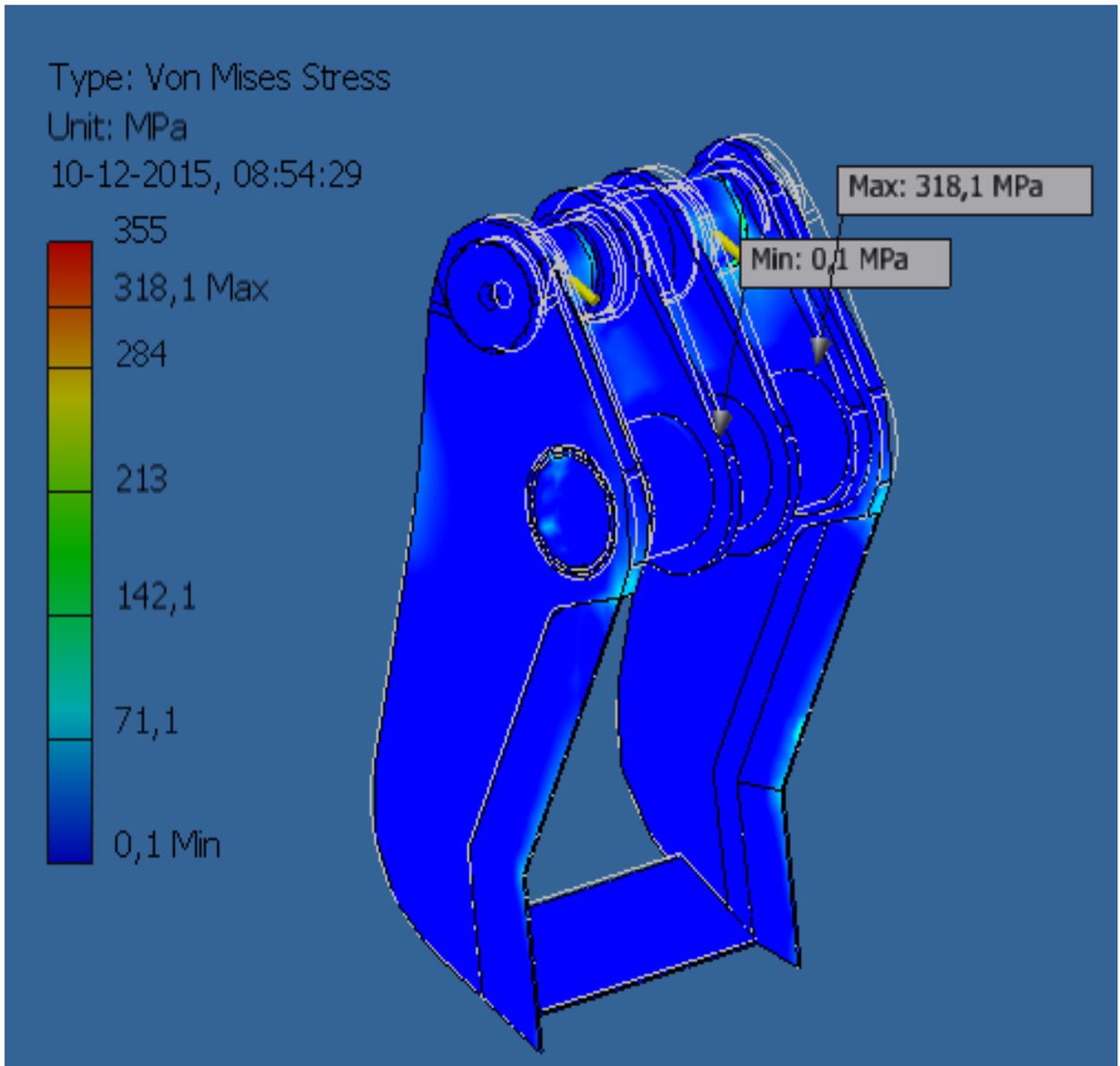


Figura 24 - Resultado da simulação numérica a nível de esforços na machada [Anexo G]

Na Figura 24 está representado o resultado da simulação relativamente aos esforços na machada. Ao analisar a figura podemos observar que o valor máximo obtido (318,1 MPa) não atinge o limite imposto de 355 MPa que é o valor da tensão de cedência para este material. Assim, concluí-se que o dimensionamento da cavilha e espessura das chapas foi feito correctamente.

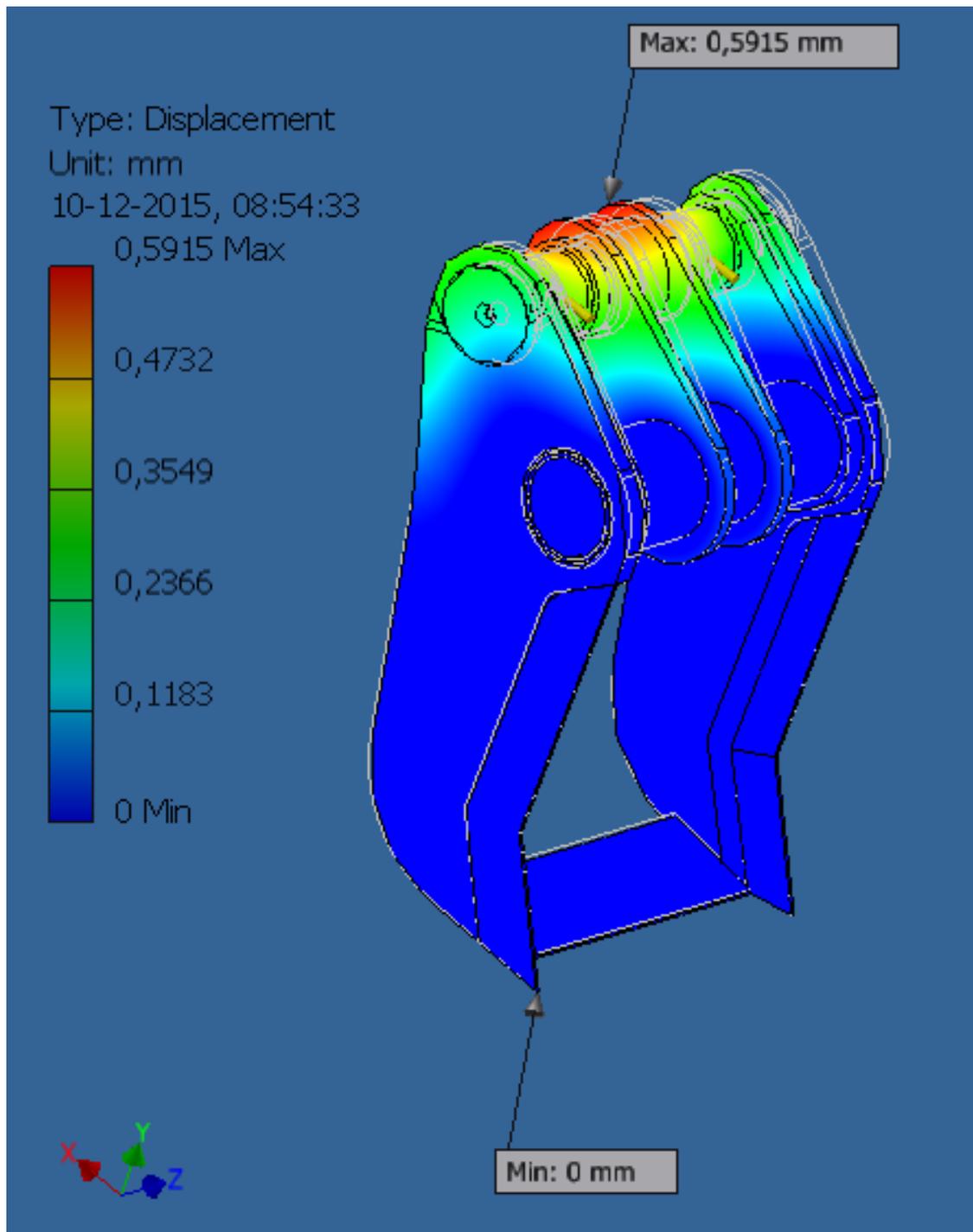


Figura 25 - Resultado da simulação numérica referente ao deslocamento [Anexo G]

Na Figura 25 está representado o resultado da simulação no que diz respeito ao deslocamento. Ao observar o valor (0,5915 mm) conclui-se que este pode ser desprezado.

## Modelação do Balde do Rachador

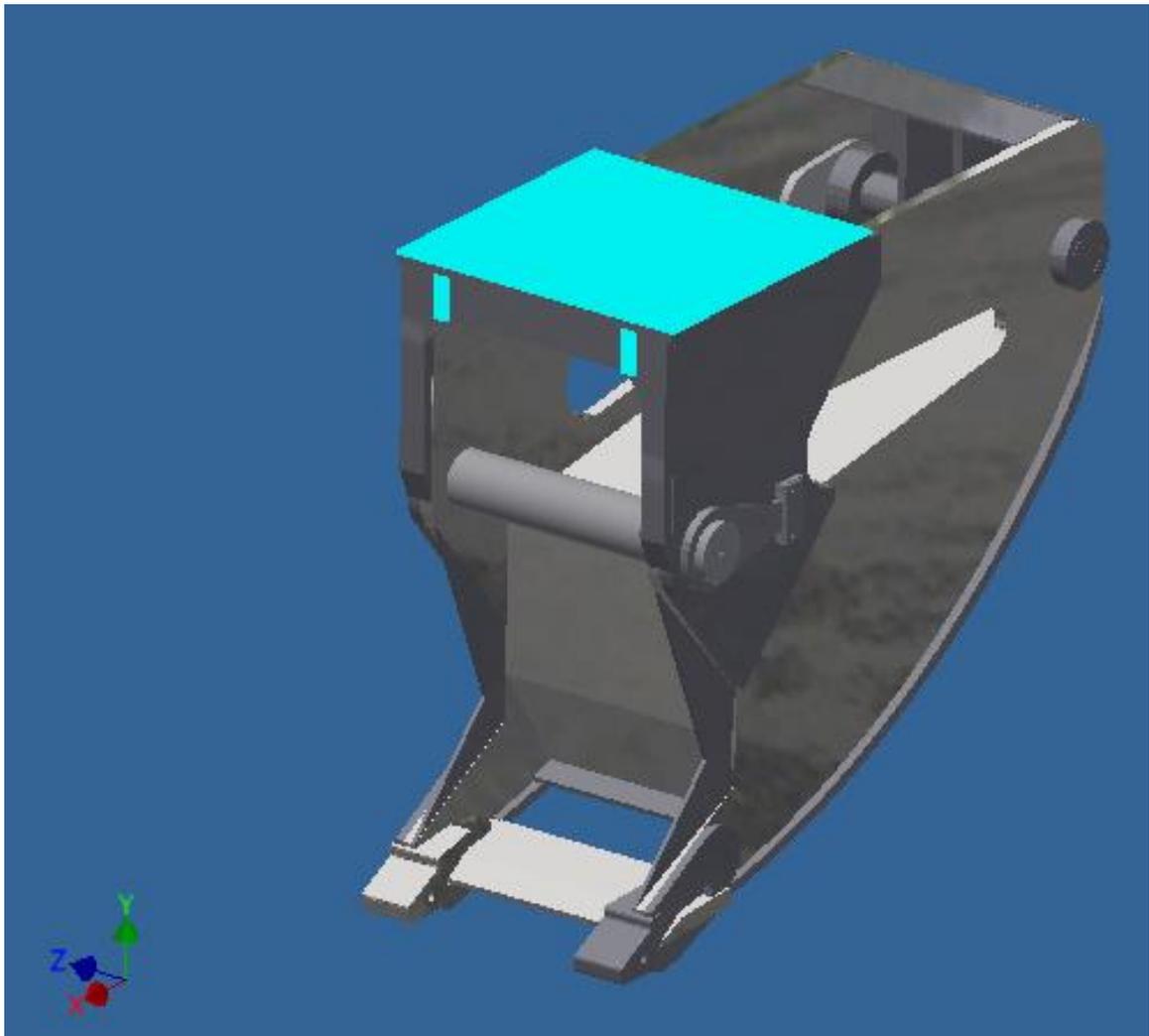
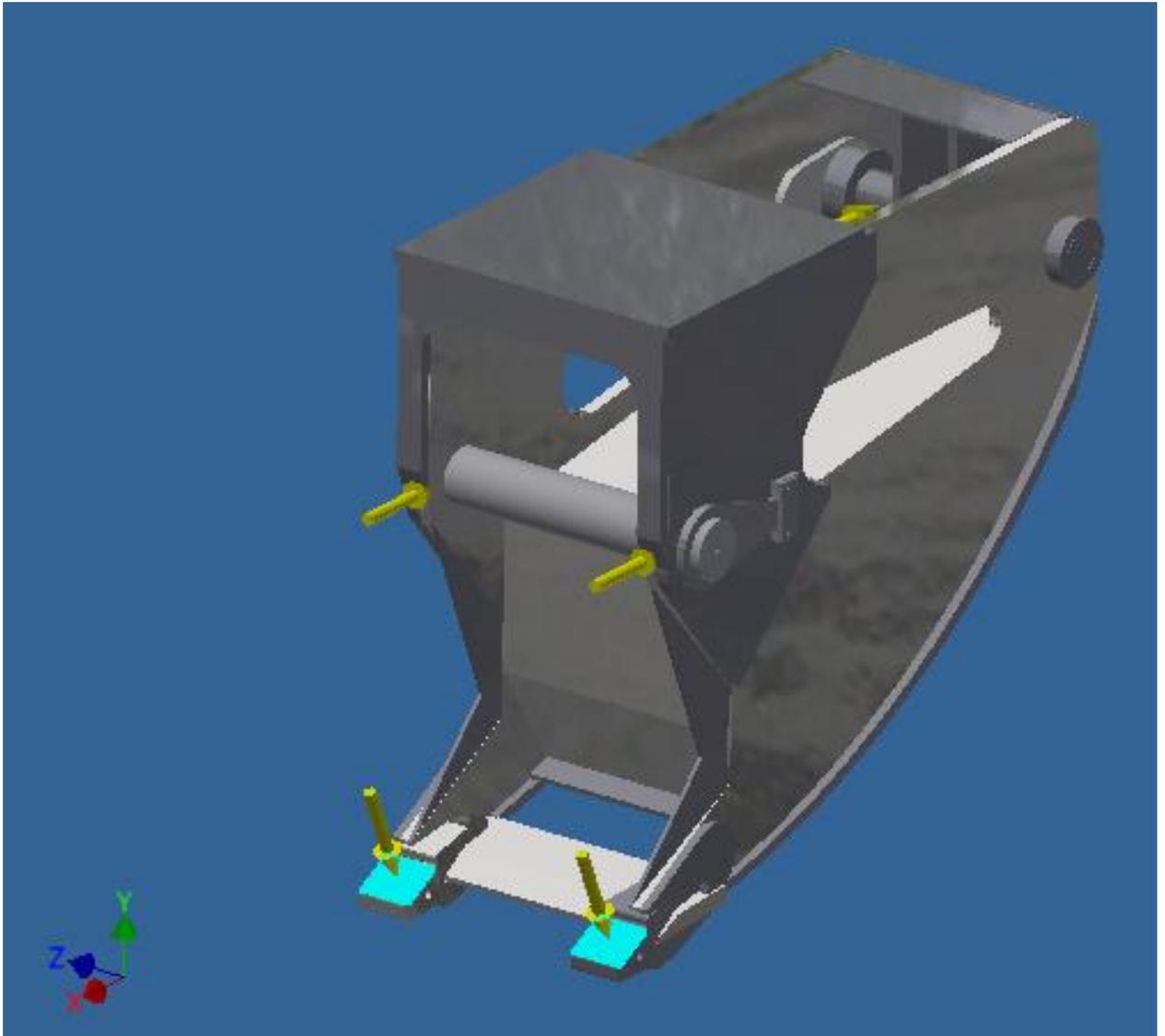


Figura 26 - Restrições aplicadas no modelo para a simulação[Anexo G]

Na Figura 26 estão representadas as restrições aplicadas no balde. Estas restrições representam a zona do engate do balde na máquina.



**Figura 27 - Forças que irão actuar no balde quando este estiver a operar [Anexo G]**

Na Figura 27 estão representadas as forças existentes que irão actuar no balde quando este se encontrar a ser utilizado. As setas aplicadas nas cavilhas representam as forças exercidas pelos cilindros. As setas aplicadas nas extremidades na parte inferior do balde dizem respeito à força exercida nesse ponto quando o balde estiver a ser utilizado para trabalhos de escavação.

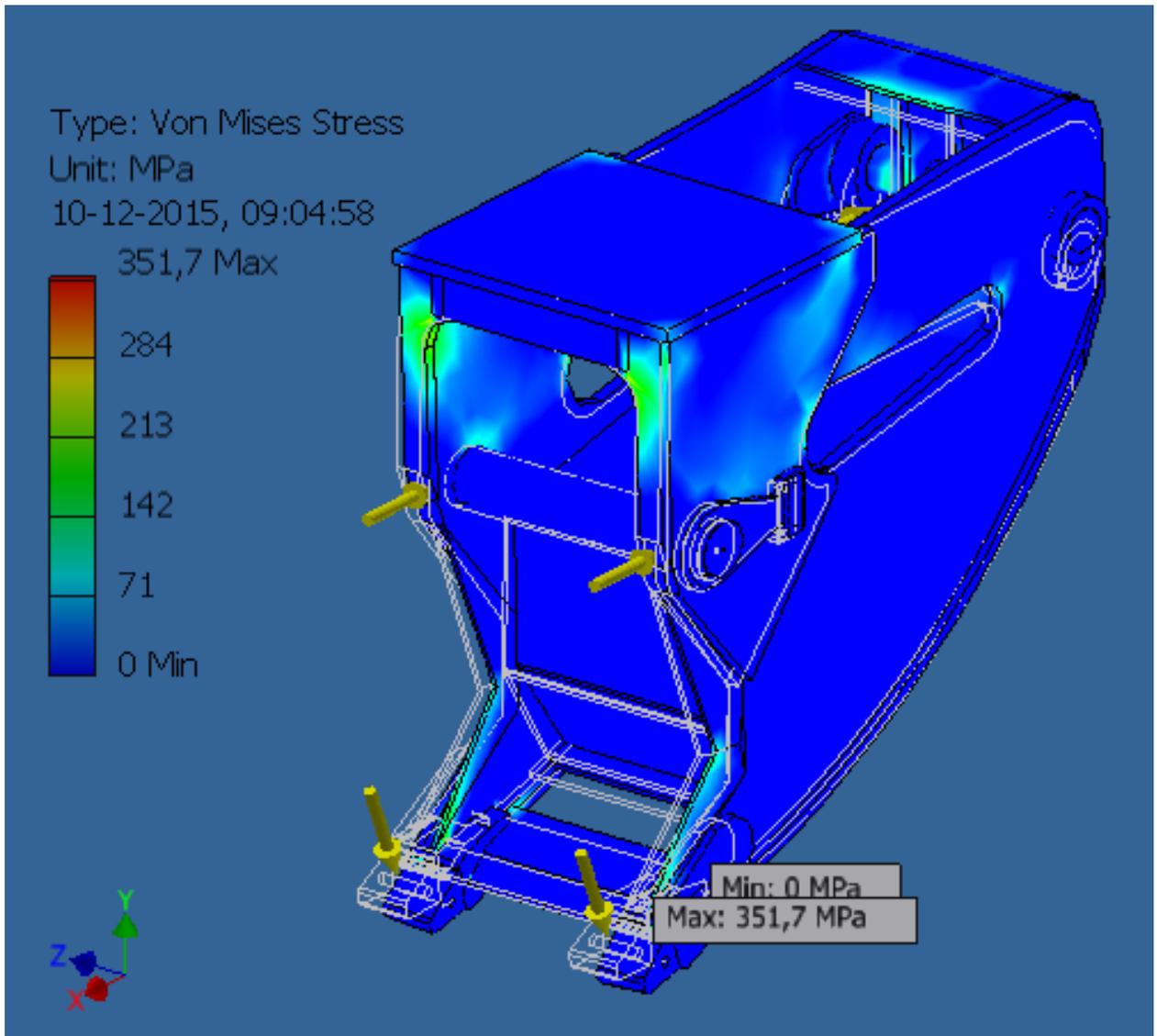


Figura 28 - Resultado da simulação a nível de esforços no balde [Anexo G]

Na Figura 28 está representado o resultado da simulação relativamente aos esforços na machada. Ao analisar a figura podemos observar que o valor máximo obtido de 351,7 MPa, apesar de próximo, não atinge o valor da tensão de cedência para este material que é de 355 MPa. Assim, concluí-se que o dimensionamento das cavilhas e espessura das chapas foi feito correctamente.

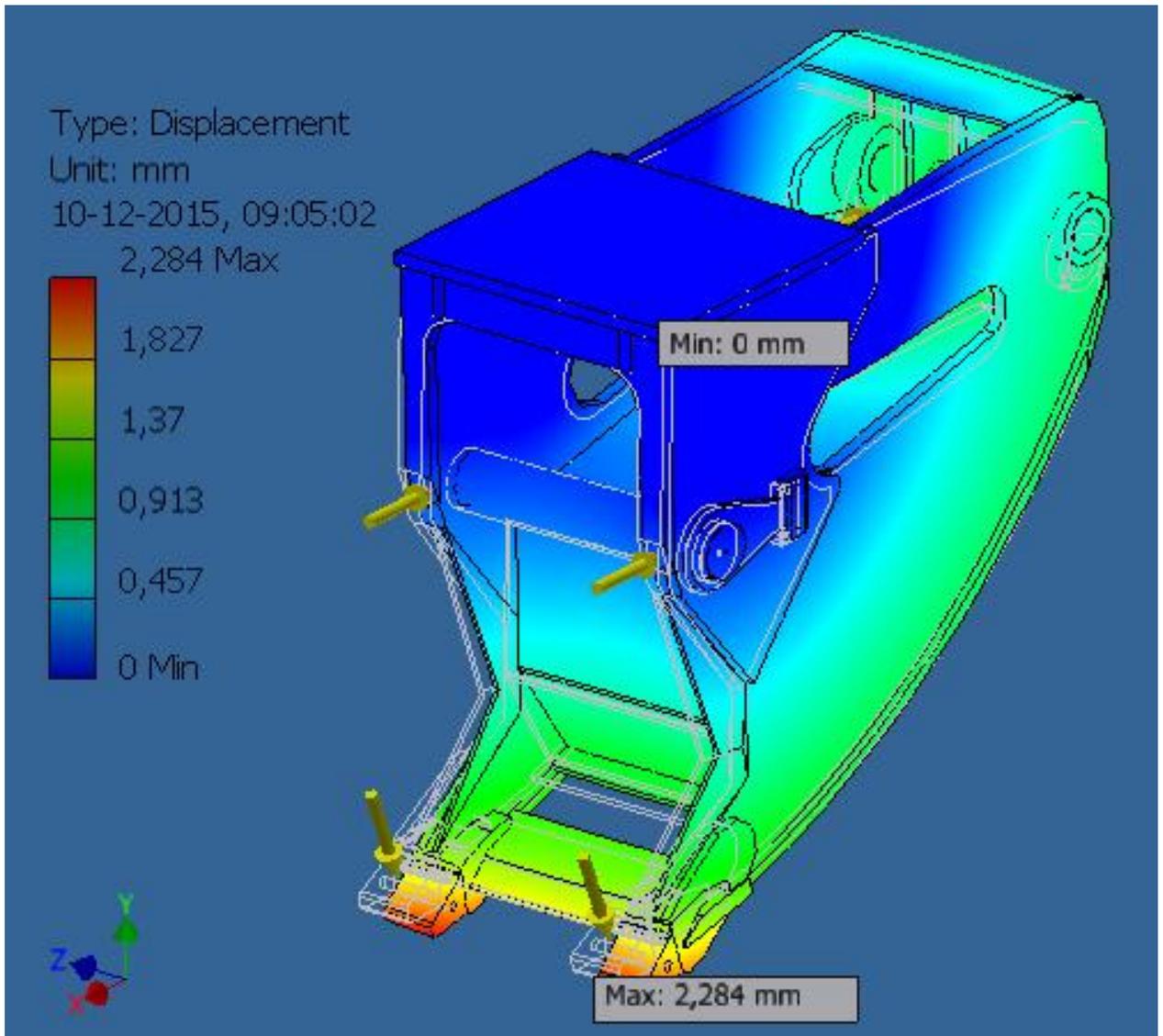


Figura 29 - Resultado da simulação numérica referente ao deslocamento [Anexo G]

Na Figura 29 está representado o resultado da simulação no que diz respeito ao deslocamento. Ao observar o valor (2,284 mm) conclui-se que este pode ser desprezado.

#### 4.2.2 Parametrização 3D da linha de baldes FRAVIZEL

De modo a otimizar o processo de produção de um balde, dentro do Departamento C&D, foi pedido uma forma para parametrizar a linha de baldes. A Figura 30, mostra uma ferramenta em Excel desenvolvida para esse propósito. Este projecto ainda se encontra em desenvolvimento.



## 5 CONCLUSÃO

Este Estágio correspondeu às minhas expectativas. Fui integrado numa equipa de trabalho em que a adaptação correu da melhor forma. Também gostei do trabalho que realizei ao longo do Estágio pois foi uma oportunidade de conhecer o mundo real do trabalho na área do desenvolvimento.

Aperfeiçoei e consolidei os conhecimentos adquiridos na componente lectiva do curso, pois este é o grande objectivo do estágio.

Além disso, ainda consegui ver, através do sitio na internet da Fravizel, concluídos alguns dos projectos em que participei, nomeadamente o Ancinho para Escavadora e o projecto principal do Estágio o Rachador de cepos na versão de uma machada.



Dessa forma, penso que é razoável dizer que os objectivos do Estágio foram alcançados.

## **6 BIBLIORAFIA/WEBGRAFIA**

1. Manual de acolhimento e segurança - Fravizel.
2. [www.fravizel.pt](http://www.fravizel.pt).
3. Kurt Gieck, Reiner\_Gieck, MANUAL DE FORMULAS TECNICAS, Alfaomega.
4. Base de dados da Fravizel.

## 7 ANEXOS

### i. Anexo A

---

**DESENHOS COMERCIAIS DE UM BALDE L6 XHDR E PXHDR**

### i. Anexo B

---

**PROJECTO ELEVADOR - MINAS DA PANASQUEIRA**

### ii. Anexo C

---

**PROJECTO ANCINHO PARA ESCAVADORA**

### iii. Anexo D

---

**PROJECTO TELHEIRO DE ABRIGO PARA LINHA DE TRANSFORMAÇÃO**

### iv. Anexo E

---

**RELATÓRIO DA ANÁLISE DE FORÇAS DE UM RACHADOR ARRANCA  
CEPOS**

### v. Anexo F

---

**DESIGNAÇÕES DE MATERIAIS SEGUNDO AS NORMAS EUROPEIAS**

## vi. Anexo G

---

**RELATÓRIO DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA À MACHADA E AO BALDE DO RACHADOR**

## vii. Anexo H

---

**FOLHA DE EXCEL PARA DIMENSIONAMENTO DE CAVILHAS DO RACHADOR**

## viii. Anexo I

---

**PROJECTO 3D DE RACHADOR COM UMA E DUAS MACHADAS**

## ix. Anexo J

---

**FOLHA DE EXCEL PARA DIMENSIONAMENTO DE CILINDROS HIDRÁULICOS**