

# Prática de Tratamentos Térmicos

Filipi Damasceno Vianna

`filipi@pucrs.br`

Edison Luis Ribeiro

`zetur@zetur.com.br`

Lucas Luiz Reckziegel

`lucakz1z@hotmail.com`

Porto Alegre, abril de 2006

# *Sumário*

<b>Introdução</b>	p. 3
<b>Objetivo</b>	p. 4
<b>1 Material</b>	p. 5
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	p. 6
2.1 Micrografia . . . . .	p. 6
2.2 Tratamentos Térmicos . . . . .	p. 6
2.2.1 Normalização . . . . .	p. 6
<b>3 Procedimento</b>	p. 8
3.1 Preparação da amostra . . . . .	p. 8
3.2 Ensaio de dureza . . . . .	p. 8
3.3 Primeira metalografia . . . . .	p. 8
3.4 Tratamento térmico - Normalização . . . . .	p. 10
3.5 Segunda metalografia . . . . .	p. 10
3.5.1 Análise da imagens . . . . .	p. 10
3.5.1.1 Binarização . . . . .	p. 11
<b>Conclusão</b>	p. 15
<b>Referências</b>	p. 16

## *Introdução*

A partir de uma peça de aço, determinamos o tratamento térmico que a peça sofreu baseados em ensaio de dureza e análise micrográfica. Determinamos, então, outro tratamento térmico para possibilitar a determinação do percentual de carbono. E, finalmente, com base em ensaios de dureza, análise micrográfica e utilizando técnicas de microanálise, determinamos o percentual de carbono do aço.

## *Objetivo*

Tratar termicamente diversas amostras de aço (vergalhão comercial) e correlacionar as estruturas formadas com as medidas de dureza. Identificar as fases formadas em função da composição química e das condições de resfriamento impostas.

# *1 Material*

- Cortadora metalográfica
- Forno tipo mufla
- Politriz rotativa
- Lixadeira politriz
- Capela de exaustão de gases
- Estereomicroscópio
- Durômetro (Rockwell)

## ***2 Fundamentação Teórica***

### **2.1 Micrografia**

Segundo Colpaert[1], “metalografia microscópica (ou micrografia dos metais) estuda os produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio, visando a determinação de seus constituintes e de sua textura. Este estudo é feito em superfícies previamente polidas e, em geral, atacadas por um reativo adequado.”

### **2.2 Tratamentos Térmicos**

#### **2.2.1 Normalização**

No processo de normalização, o aço é aquecido até a zona de normalização, mostrada no gráfico da figura 1 durante o tempo expressado na equação 2.1

$$tempo = espessura \times 1,5 \text{ [tempo em minutos]} \quad (2.1)$$

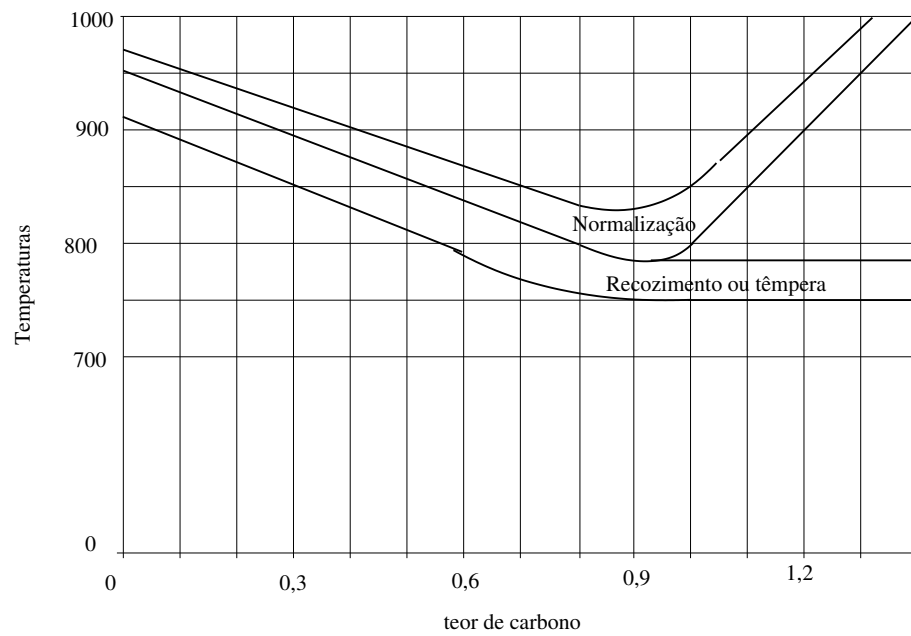


Figura 1: Temperaturas mais adequadas à normalização, recozimento e têmpera em função do teor de carbono do aço.

## 3 Procedimento

### 3.1 Preparação da amostra

A amostra foi cortada em quatro pedaços, sendo que um pedaço foi usado para teste de dureza, outros dois foram embutidos para a metalografia e o restante foi guardado para futuro tratamento térmico.

### 3.2 Ensaio de dureza

Foram feitos ensaios de dureza Rockwell C na periferia e no núcleo da amostra. Com resultados conforme a tabela 1.

	Periferia (HRC)	Núcleo (HRC)
	56	59
	55	59
	56	59
média	55,6	59

Tabela 1: Durezas da amostra

### 3.3 Primeira metalografia

Na primeira metalografia, observaram-se as imagens das figuras 2 e 3. Na figura 3 verificamos, claramente a formação de ferrita na borda, o que indica uma descarbonetação na periferia, possivelmente por difusão do carbono no forno com atmosfera com baixo teor de carbono. Essa descarbonetação explica a diferença entre a dureza encontrada na periferia e no núcleo, conforme tabela 1.

Analisando as durezas encontradas no ensaio Rockwell (tabela 1), e comparando a imagem da figura 2 com as imagens de metalografia encontradas em [1], podemos concluir



que a amostra pertence a um aço com teor de carbono aproximadamente 0,5% temperado em água fria.

Como a dureza é de 59 HRC e analisando a micrografia, podemos concluir que o aço não foi revenido.

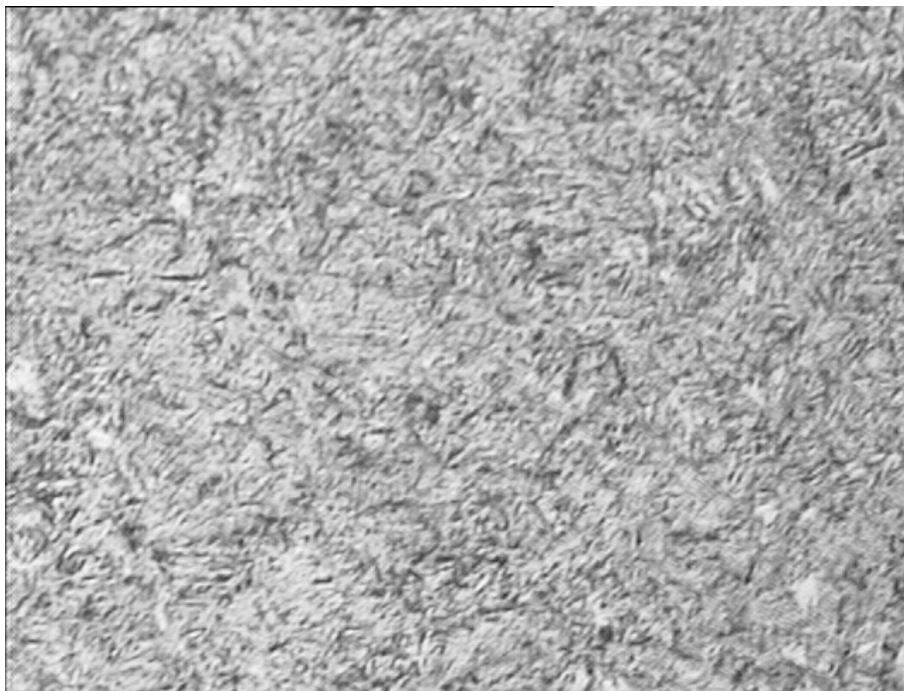


Figura 2: Imagem observada no microscópio - **martensita** 500 ×

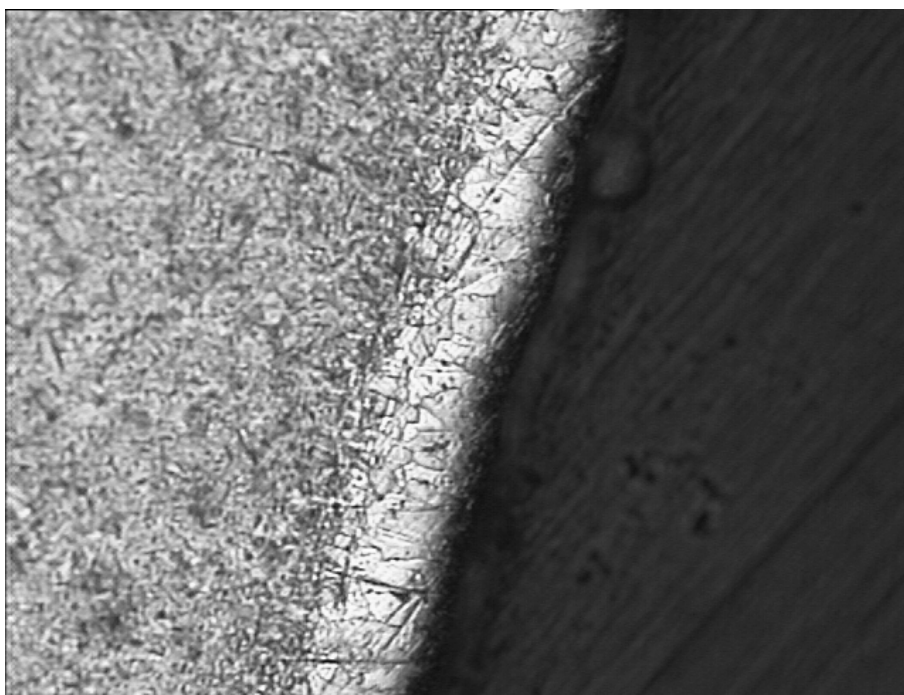


Figura 3: Descarbonetação observada na borda da amostra - **ferrita** 500 ×.

### 3.4 Tratamento térmico - Normalização

Para calcularmos o percentual exato de carbono na amostra, precisamos transformar a martensita em perlita, para isso devemos aliviar as tensões, com o processo de normalização.

No gráfico da figura 1, entramos com 0,5% de carbono e obtemos a temperatura de normalização de 850°C. Para determinarmos o tempo, utilizamos a equação 2.1, e encontramos:  $tempo = 6mm \times 1,5 = 9min$ .

Após os 9 min, retiramos a amostra do forno e deixamos resfriar ao ar.

Realizamos, então, um novo ensaio de dureza, preenchendo a tabela 2 de durezas.

	HRC	HRB
	15	95
	20	94
	18	96
média	17	95

Tabela 2: Durezas da amostra após a normalização

### 3.5 Segunda metalografia

Nesta micrografia, de uma amostra normalizada, encontramos as imagens das figuras 4, 5, 6, 7, 8. Na figura 4 vemos ainda a ferrita formada na borda devido a descarbonetação, e nas figuras 5 e 6 podemos notar uma inclusão de ferrita.

As imagens mais importantes são, porém, as figuras 7 e 8 onde notamos nitidamente a formação de perlita. Através destas imagens faremos a determinação do percentual de carbono.

#### 3.5.1 Análise da imagens

Para o processamento da imagem encontrada, utilizamos o software **ImageJ** disponível gratuitamente na internet no endereço: <http://rsb.info.nih.gov/ij/>. O qual é apresentado na figura 9

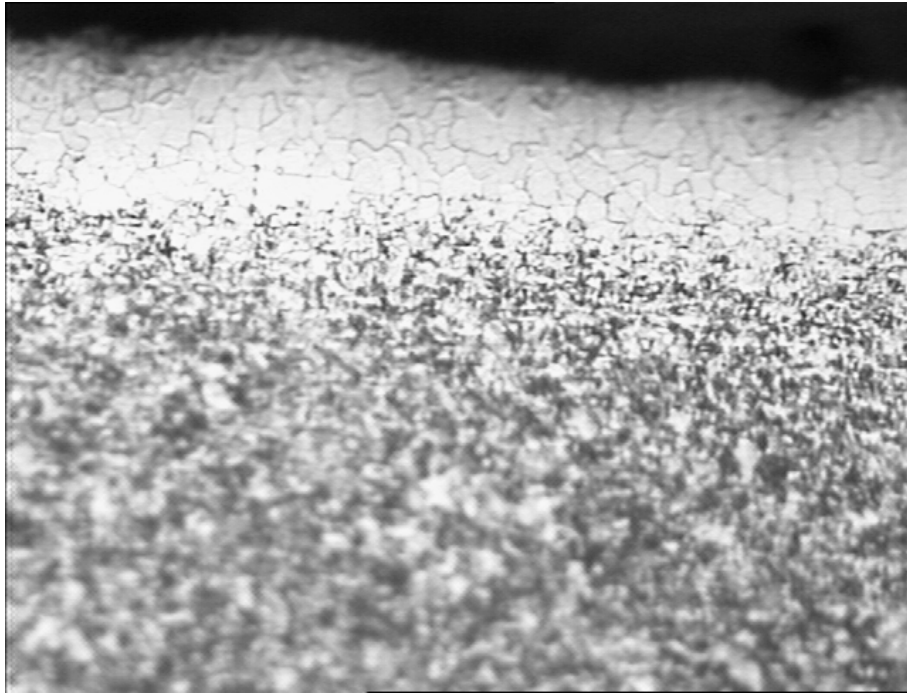


Figura 4: Imagem observada no microscópio - borda após a normalização

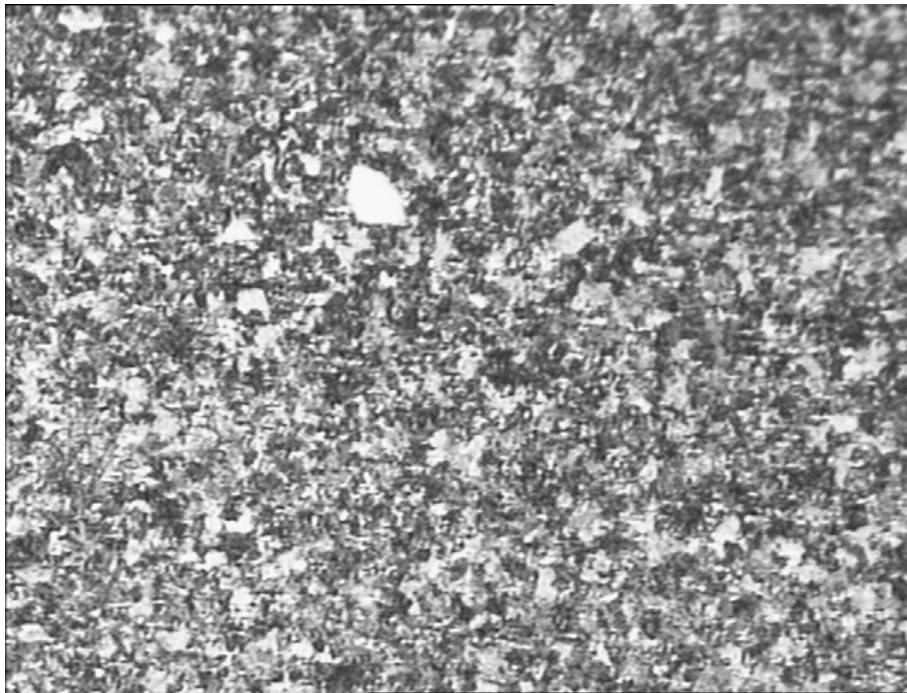


Figura 5: Inclusão de ferrita.

#### 3.5.1.1 Binarização

Primeiramente foi executada a binarização da imagem, onde obtemos a imagem da figura 10.

Após isso executamos a análise com o software, obtendo o resultado detalhado na

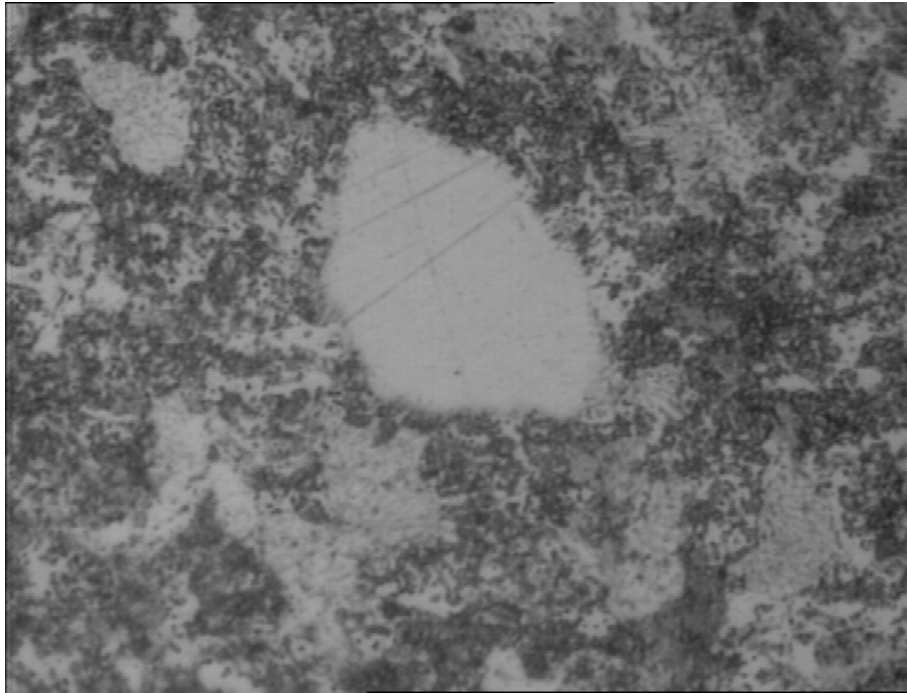


Figura 6: Detalhamento da inclusão de ferrita.

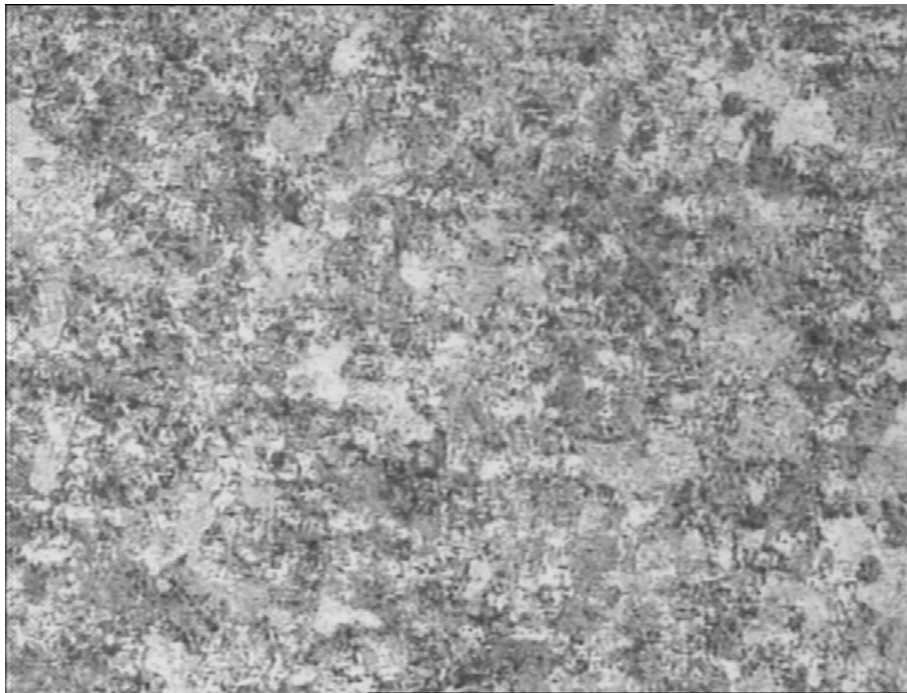


Figura 7: Imagem observada no microscópio - **perlita**.

imagem da figura 11. Para analisar esse resultado, devemos observar que o software dá o percentual de área de preto na imagem, que é o percentual de perlita. Neste caso, está indicado **53,1%** de perlita.

Utilizando a “*regra da alavanca*”[2], podemos determinar o percentual de carbono,

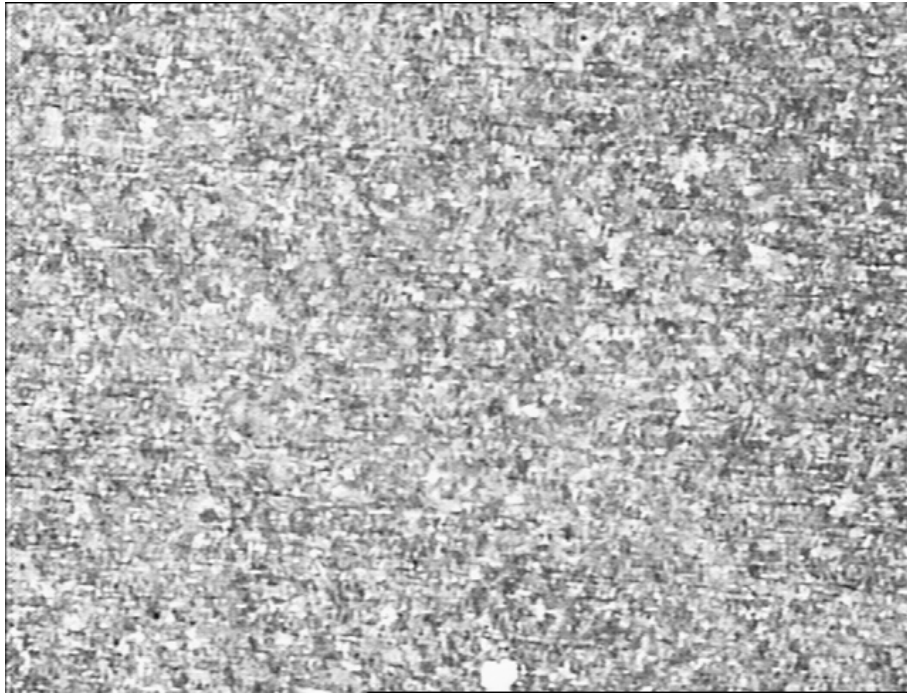


Figura 8: Imagem observada no microscópio - perlita.

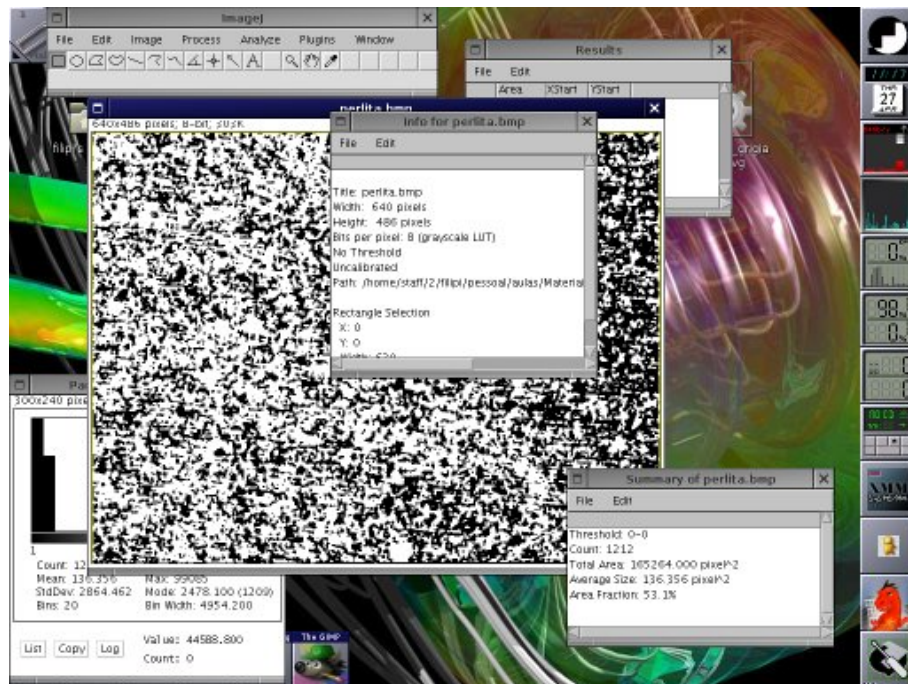


Figura 9: Tela do software de processamento de imagens.

conforme demonstrado na equação 3.4.

$$100 \times \frac{\text{percentual de carbono} - 0}{0,80 - 0} = 53,1\% \quad (3.1)$$

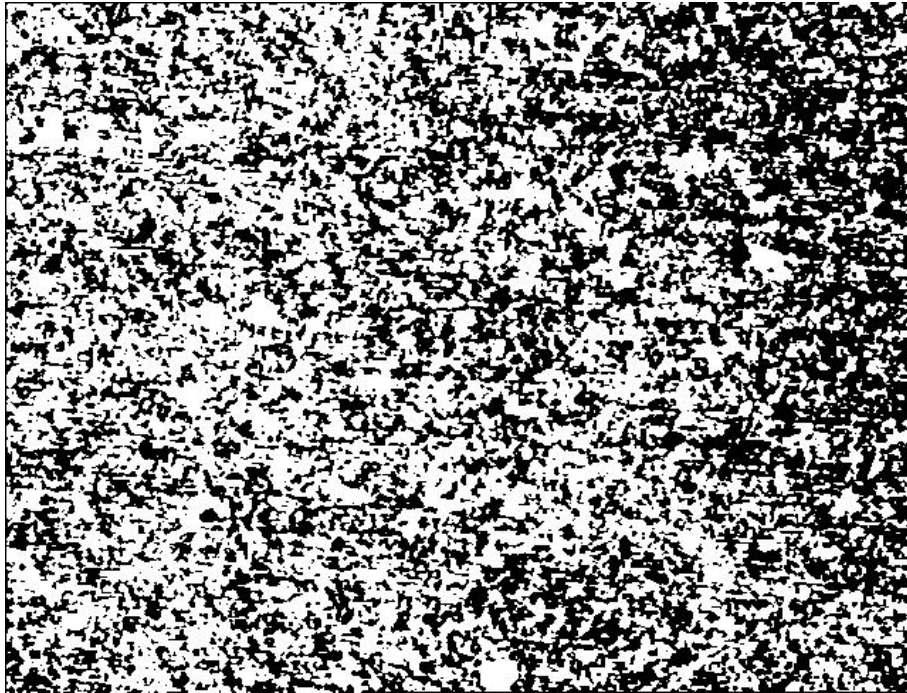


Figura 10: Imagem da figura 7 binarizada pelo software ImageJ.

$$\frac{\text{percentual de carbono}}{0,80} = \frac{53,1}{100} \quad (3.2)$$

$$\text{percentual de carbono} = 0,531 \times 0,80 \quad (3.3)$$

$$\text{percentual de carbono} = 0,4248\% \quad (3.4)$$

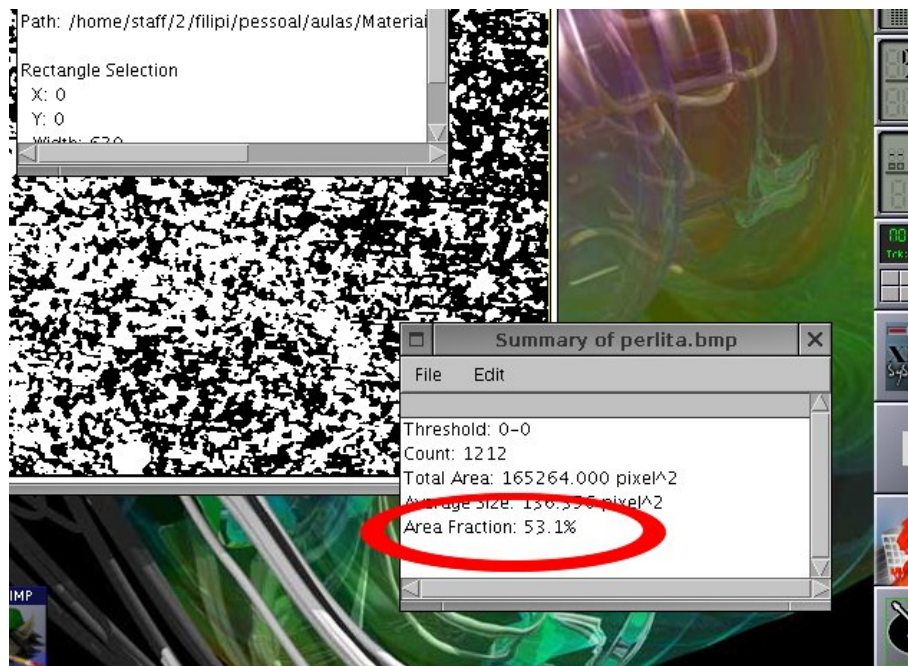


Figura 11: Percentual obtido com o software ImageJ.

Esta análise indica que temos um aço com 0,4248 % de carbono, ou seja, um aço 1045.

## *Conclusão*

Feitas as análises descritas neste relatório, correlacionando as fases encontradas na micrografia e as durezas medidas, concluimos que nos foi entregue uma amostra de aço 1045 temperado, resfriado em água fria e não revenido, com 0,4248% de carbono.

## *Referências*

- [1] COLPAERT, P. H. *Metalografia dos Produtos siderúrgicos comuns*. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1989.
- [2] CHIAVERINI, V. *Aços e Ferros Fundidos*. 4. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1977.