

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

**RAFAELA CRISTINA BALDY MARTINS**

**As Ferraduras:** uma análise qualitativa do desgaste do ponto de vista da metalurgia

São Paulo

2021

RAFAELA CRISTINA BALDY MARTINS

**As Ferraduras:** uma análise qualitativa do desgaste do ponto de vista da metalurgia

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Engenheira Metalurgista.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Franco de Monlevade

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

#### Catalogação-na-publicação

Baldy, Rafaela

As Ferraduras: uma análise qualitativa do desgaste do ponto de vista da metalurgia / R. Baldy -- São Paulo, 2021.  
119 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais.

1.Ferradura 2.Desgaste 3.Deformação 4.Ferrageamento I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais II.t.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por terem sempre feito de tudo para me proporcionar uma educação de qualidade e por terem me acompanhado e acreditado em mim, sempre!

Aos meus animais de estimação, cavalos e cachorros, por terem me feito companhia durante horas de estudo e por me darem alegria em todos os momentos. Principalmente ao Master, que nesses 19 anos comigo teve que ouvir muitos “hoje não vai dar, tenho que estudar”, e ao Amarillo, por ter emprestado suas ferraduras para este trabalho e me acompanhado em competições durante esses anos de Poli. Sou imensamente grata a todos meus amigos de quatro patas que estiveram e sempre estarão ao meu lado (mesmo não estando mais neste plano): Amarillo, Falcão, Feitiço, Jo-Jo, Jude, Leão, Lobo, Lucy, Lyra, Master, Max, Mustang, Raio, Tigre, Xingu e Zorro.

Aos amigos que a Poli me deu, essenciais à minha formação como Politécnica e como pessoa. À gestão do Grêmio Politécnico de 2017 e à equipe do Jornal *O Politécnico* que tornaram meus dias mais leves e fizeram parte do trabalho mais gratificante de que já participei. Aos Professores e à Escola Politécnica por exigirem nada menos do que o melhor!

À minha amiga de infância e médica veterinária Dra. Sofia Delchiaro pela consultoria sobre a anatomia das patas, ao médico veterinário especialista em biomecânica e consultor técnico da Mattheis Borg Dr. Luiz Gustavo Tenório por tirar minhas dúvidas e ao Sargento João Silva do Regimento de Polícia Montada 9 de Julho da Polícia Militar do Estado de São Paulo por nos receber tão bem e por todas as explicações referentes ao ferrageamento e ao Regimento de Polícia Montada.

Agradeço também ao Prof. Dr. Eduardo Monlevade pela orientação neste trabalho e empolgação com o tema escolhido. Ao Prof. Dr. Fernando Landgraf e ao ferrador e Médico Veterinário Dr. Renan Modesto por aceitarem fazer parte da banca examinadora.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a Deus, Nossa Senhora Aparecida e São Francisco de Assis por estarem sempre presente comigo e fazerem tudo isso ser possível!

*For want of a nail the shoe was lost;  
For want of a shoe the horse was lost;  
For want of a horse the battle was lost;  
For the failure of battle the kingdom was lost—  
All for the want of a horse-shoe nail.*

(BALDWIN, 1912)

## RESUMO

BALDY, Rafaela. **A Metalurgia da Ferradura.** 2021. 112 f. Trabalho de Formatura TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Os equinos acompanharam a evolução humana desde os primórdios e foram de extrema importância para sua evolução e suas conquistas. Contudo, ao retirar esses animais da natureza, foi necessário fornecer alguns cuidados, dentre eles o casqueamento e o ferrageamento. Para isso, vários tipos de ferraduras foram desenvolvidas até chegar no modelo que todos conhecemos. Mesmo assim, elas ainda variam de material e design, dependendo da atividade que o cavalo irá realizar. Neste trabalho abordaremos a importância dos equinos, dos cascos, de seu casqueamento e ferrageamento e, principalmente, das ferraduras e dos cravos. Diferentes ferraduras foram analisadas a fim de determinar qualitativamente o desgaste e, para isso, foram examinadas suas microestruturas, principalmente na região da borda onde ocorreu o desgaste.

Palavras-chave: Ferradura. Cravo. Cavalo. Metalurgia. Ferrageamento. Casqueamento. Desgaste.

## ABSTRACT

BALDY, Rafaela. **Horseshoes:** a qualitative analysis of wear from the metallurgy point of view. 2020. 1000 f. Trabalho de Formatura TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Metalúrgica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Horses have followed human evolution since the beginning and were extremely important for its evolution and its achievements. However, by removing these animals from nature, it was necessary to provide some care, among them trimming and shoeing. Therefore, several types of horseshoes were developed until reaching the model we all know. Even so, they still vary in material and design, depending on the activity that the horse will perform. In this work we will address the importance of horses, hoof, its trimming and shoeing and, especially, of horseshoes and horseshoe nails. Different horseshoes were analyzed in order to qualitatively determine the wear and, for that, their microstructures were examined, mainly in the region of the edge where the wear occurred.

Keywords: Horseshoe. Horseshoe nail. Horse. Metallurgy. Shoeing. Trimming. Wear.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1	Arte rupestre de um cavalo no complexo de cavernas Lascaux, na França	18
Figura 2	Dentes de fósseis de cavalo exibindo danos causados por um bocal de metal	19
Figura 3	Cavalos de Przewalski, os parentes selvagens mais próximos do cavalo doméstico	19
Figura 4	Horse Memorial na província do Cabo Oriental da África do Sul dedicado aos cavalos que serviram e morreram durante a Segunda Guerra dos Bôeres	20
Figura 5	Feira de Gado	22
Figura 6	Monumento ao Tropeiro, na Praça dos Tropeiros em Sorocaba (SP)	23
Figura 7	Regimento de Polícia Montada 9 de Julho (Polícia Militar do Estado de São Paulo)	24
Figura 8	Efetivo de equinos em 2016 segundo as Unidades da Federação	25
Figura 9	Ajuste de ferradura a quente	27
Figura 10	Comparação de um cavalo com uma ponte pênsil, do ponto de vista estático	29
Figura 11	Partes zootécnicas dos equinos	29
Figura 12	Anatomia do pé e do casco do cavalo	30
Figura 13	Corte transversal da parede do casco	31
Figura 14	Plano sagital da anatomia do pé do cavalo	31
Figura 15	Ferrador trabalhando em ilustração de 1320 a 1330 na Inglaterra	34

Figura 16	Ferramentas para casqueamento e ferrageamento	35
Figura 17	Avental de couro	36
Figura 18	Machadinhas	36
Figura 19	Saca cravos	37
Figura 20	Saca ferradura	37
Figura 21	Limpador de casco	37
Figura 22	Escova de aço	37
Figura 23	Rinete	38
Figura 24	Torquês para cascos	38
Figura 25	Grosa	38
Figura 26	Tripé	38
Figura 27	Martelo de cravejar	39
Figura 28	Alicate jacaré	39
Figura 29	Angulador para casco	39
Figura 30	Compasso para ferrador	40
Figura 31	Bloque com lixa especial	40
Figura 32	Bigorna	40
Figura 33	Mesa para bigorna	41
Figura 34	Marreta bola	41
Figura 35	Marreta guarda casco	41
Figura 36	Tenaz	42
Figura 37	Pegador de ferradura	42

Figura 38	Forja	42
Figura 39	Casqueamento com grossa	43
Figura 40	Principais aprumos do cavalo. (A) Aprumos normais. (B) Fechado de frente e de trás, curvilhões abertos. (C) Aberto de frente e de trás, curvilhões fechados	44
Figura 41	Movimentos e pegadas dos cavalos. Em 1, cavalo com aprumos normais; em 2, com joelhos fechados e pinças divergentes (cambaio); e em 3, cavalo com joelhos abertos e pinças convergentes (carvalho ou periquito)	44
Figura 42	Conformação da ferradura pelo ferrador	45
Figura 43	Cravejamento	47
Figura 44	Primórdios da ferradura	48
Figura 45	Diversos tipos de ferraduras	49
Figura 46	Ferraduras especiais ortopédicas	51
Figura 47	Talonete e palmilha	51
Figura 48	Partes da ferradura	52
Figura 49	Especificações técnicas da ferradura Equi-Librium® da Mustad	55
Figura 50	Ferraduras de aço à esquerda e de alumínio a direita	56
Figura 51	Complexo industrial da Mattheis Borg (Grupo Mustad), com operações administrativas e industriais	59
Figura 52	Cravos para ferradura do tipo Mustad E	59
Figura 52	O cravo	61
Figura 54	Especificações técnicas dos cravos do tipo Mustad E	62
Figura 55	Caixa de cravos de cobre	63

Figura 56	Ferraduras de aço (leves) utilizadas no experimento	67
Figura 57	Ferrageamento do Amarillo Del Rancho (A) Ferrageamento da pata anterior esquerda (B) Remoção de ferradura de esbarro na pata posterior esquerda (C) Ferrageamento da pata posterior esquerda com a ferradura de aço leve utilizada para este experimento	68
Figura 58	(A) Cavalo Otelo na Ferradaria do Regimento de Polícia Montada 9 de Julho do Estado de São Paulo (B) Para dianteira esquerda de Otelo com ferradura após 30 dias de uso	69
Figura 59	Ferraduras embrorrachadas para uso em superfícies escorregadias	70
Figura 60	Figura 60. (A) Conformação final da ferradura de esbarro (B) Ferraduras de esbarro (C) Ferrageamento da pata posterior esquerda do Amarillo Del Rancho com a ferradura de esbarro	71
Figura 61	Fotografia de Gerson Verga da manobra esbarro performada por Amarillo Del Rancho conduzido por Rafaela Baldy	72
Figura 62	Par de ferraduras de esbarro utilizadas pelo Amarillo Del Rancho em 2017 e analisadas neste trabalho	73
Figura 63	Jogo de ferraduras de alumínio utilizadas no experimento	73
Figura 64	Cravos de aço utilizados no experimento	74
Figura 65	Medições das ferraduras	75
Figura 66	Medições dos cravos	77
Figura 67	Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 50x	80
Figura 68	Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 100x	80
Figura 69	Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 200x	81
Figura 70	Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 500x	81
Figura 71	Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 1000x	82

Figura 72	Diagrama de fases ferro-carbono	83
Figura 73	Micrografia da ferradura de alumínio com aumento de 50x	84
Figura 74	Micrografia da ferradura de alumínio com aumento de 100x	84
Figura 75	Microestrutura do sistema Al-Si com 12% de Si	85
Figura 76	Ferradura de aço (leve) após o uso no Amarillo Del Rancho sob o pedaço do talão que foi retirado antes do ferrageamento para comparação da espessura	87
Figura 77	Borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 200x	88
Figura 78	Borda da ferradura de aço (leve) que teve contato com o solo, após o uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 200x	88
Figura 79	Borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x	89
Figura 80	Outro trecho da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x	90
Figura 81	Região de deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x	90
Figura 82	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x	91
Figura 83	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho obtida através de MEV	92
Figura 84	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho obtida através de MEV	92
Figura 85	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho obtida através de MEV	93

Figura 86	Ferraduras de aço (pesadas) do Regimento, sendo a nova do lado direito e a usada do lado esquerdo	94
Figura 87	Micrografia da ferradura de aço (pesada) com aumento de 100x	95
Figura 88	Micrografia da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto com aumento de 50x	97
Figura 89	Micrografia da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto com aumento de 500x	97
Figura 90	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto obtida através de MEV	98
Figura 91	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto obtida através de MEV	98
Figura 92	Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto obtida através de MEV	99
Figura 93	Comparação do lado em contato com o solo da ferradura usada pelo Regimento (à esquerda) com a ferradura usada pelo Amarillo Del Rancho (à direita)	99
Figura 94	Comparação do lado em contato com o casco da ferradura usada pelo Regimento (à esquerda) com a ferradura usada pelo Amarillo Del Rancho (à direita)	100
Figura 95	Micrografia da borda em contato com o casco da ferradura de aço (pesada) após o uso com aumento de 50x	100
Figura 96	Micrografia da borda em contato com o casco da ferradura de aço (pesada) após o uso com aumento de 500x	101
Figura 97	Ferraduras de esbarro utilizadas pelo Amarillo Del Rancho após o uso	102
Figura 98	Comparação de tamanho da ferradura de esbarro e da ferradura de aço (leve), ambas utilizadas nos posteriores do Amarillo Del Rancho	103

Figura 99	Microestruturas da fenda de esbarro com aumento de 200x	104
Figura 100	Microestruturas da fenda de esbarro do lado da borda em contato com o solo com aumento de 200x	104
Figura 101	Microestruturas da fenda de esbarro do lado da borda em contato com o solo com aumento de 500x	105
Figura 102	Microestruturas da fenda de esbarro do lado da borda em contato com o solo com aumento de 500x	106
Figura 103	Região de deformação da borda da fenda de esbarro do lado da borda em contato com o solo obtida através de MEV	106
Figura 104	Região de deformação da borda da fenda de esbarro do lado da borda em contato com o solo obtida através de MEV	107
Figura 105	Região de deformação da borda da fenda de esbarro do lado da borda em contato com o solo obtida através de MEV	107
Figura 106	Microestruturas dos cravos com aumento de 50x	109
Figura 107	Microestruturas dos cravos com aumento de 100x	109
Figura 108	Microestruturas dos cravos com aumento de 200x	110
Figura 109	Microestruturas dos cravos com aumento de 500x	110
Figura 110	Microestruturas dos cravos com aumento de 1000x	111

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1	Resumo das contribuições dos diversos segmentos do Complexo do Agronegócio Cavalo no Brasil	26
Tabela 2	Dimensões da ferradura de aço	78
Tabela 3	Dimensões da ferradura de alumínio	78
Tabela 4	Comparação das dimensões das ferraduras de aço (leves) antes e após o uso	86
Tabela 5	Comparação das dimensões das ferraduras de aço (pesadas) antes e após o uso	94
Tabela 6	Dimensões da ferradura de esbarro	102
Tabela 7	Dimensões do cravo	108

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1 Os CAVALOS	18
<i>1.1.1 O Cavalo no Brasil</i>	21
1.1.1.1 Uso militar	24
1.1.1.2 A tropa brasileira	25
<i>1.1.2 O Mercado do Cavalo</i>	25
1.1.2.1 O Casqueamento e o ferrageamento	27
1.2 OS CAVALOS E A METALURGIA	28
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>29</b>
2.1 DO PONTO DE VISTA DA MEDICINA VETERINÁRIA	29
<i>2.1.1 A anatomia do casco</i>	29
<i>2.1.2 Saúde e sanidade do casco</i>	32
2.2 O FERRAGEAMENTO	33
<i>2.2.1 O ferrador</i>	33
<i>2.2.2 Ferrageamento e casqueamento</i>	35
2.2.2.1 Os equipamentos	35
2.2.2.2 Casqueamento	43
2.2.2.2.1 Balanceamento do Casco	44
2.2.2.2.3 A conformação da ferradura	45
2.2.2.2.4 O ferrageamento	46
2.3 FERRADURAS E CRAVOS	47
<i>2.3.1 As Ferraduras</i>	47
2.3.1.1 Um breve histórico das ferraduras	48
2.3.1.2 Os tipos de ferraduras	49
2.3.1.3 A engenharia da ferradura	51
2.3.1.3.1 O Projeto	52
2.3.1.3.1 Os Materiais	55
2.3.1.3.3 O Processo de fabricação	58
<i>2.3.2 Os cravos</i>	59
2.3.2.1 Um breve histórico dos cravos	60
2.3.2.2 Os tipos de cravos	60
2.3.2.3 A engenharia dos cravos	62
2.3.2.3.1 O Projeto	62
2.3.2.3.2 Os Materiais	63
2.3.2.3.3 O Processo de Fabricação	63
2.4 DO PONTO DE VISTA DA METALURGIA	64
<i>2.4.1 Desgaste e atrito</i>	64
<i>2.4.1 Corrosão</i>	66

<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>67</b>
3.1 MATERIAIS	67
3.1.1 Ferraduras de aço (leves)	67
3.1.2 Ferraduras de aço (pesadas)	69
3.1.3 Ferraduras de aço (esbarro)	70
3.1.4 Ferraduras de alumínio	73
3.1.5 Cravos	74
3.2 MÉTODOS	74
3.2.1 Ferraduras de aço (leves)	74
3.2.2 Ferraduras de aço (pesadas)	76
3.2.3 Ferraduras de aço (esbarro)	76
3.2.4 Ferraduras de alumínio	76
3.2.5 Cravo	77
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>78</b>
4.1 FERRADURAS DE AÇO (LEVE) E ALUMÍNIO	78
4.1.1 As dimensões	78
4.1.2 O projeto	79
4.1.3 As microestruturas	79
4.1.3.1 Ferradura de aço (leve)	79
4.1.3.2 Ferradura de alumínio	83
4.2 FERRADURAS DE AÇO (LEVES) ANTES E APÓS O USO	86
4.2.1 As dimensões	86
4.2.2 O projeto	87
4.2.3 As microestruturas	88
4.3 FERRADURAS DE AÇO (PESADAS) ANTES E APÓS O USO	93
4.3.1 As dimensões	93
4.3.2 O projeto	95
4.3.3 As microestruturas	95
4.4 FERRADURAS DE ESBARRO	101
4.4.1 As dimensões	101
4.4.2 O projeto	102
4.4.3 As microestruturas	103
4.5 O cravo	108
4.5.1 As dimensões	108
4.5.2 O projeto	108
4.5.3 As microestruturas	108
<b>5 CONCLUSÕES</b>	<b>112</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>114</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Os cavalos

Sabemos que a história e a evolução do homem está intimamente ligada à metalurgia e com a conformação dos metais nativos em artefatos ornamentais, ferramentas e armas, evidenciado pela Idade dos Metais. Contudo, o homem não teria obtido tamanha evolução sem a enorme ajuda dos cavalos. Vicente (2003) diz que “entre todos os animais domésticos, o cavalo é aquele cuja história segue mais perto da humanidade”.

De acordo com Jacques (2008),

Guerra, esporte, ferramenta de trabalho dos povos pastores, companheiro de viagens, desbravador de continentes, principal arma dos exércitos das conquistas lá estava o cavalo. Os grandes conquistadores, os hunos, os mongóis, as Cruzadas (o movimento histórico mais importante pós Império Romano), tudo isso presume a utilização desse animal. Portanto, a história da humanidade é uma história contada a cavalo.

A domesticação do cavalo é um assunto controverso. Alguns afirmam que foi tardia, por volta de 3.500 anos atrás, nos estepes da Ásia Central, sendo ele o último animal aprisionado pelo homem, provavelmente por causa de sua atitude desconfiada e seu comportamento ativo e selvagem.



Figura 1. Arte rupestre de um cavalo no complexo de cavernas Lascaux, na França (Lascaux, 2011)

Contudo, estudos recentes mostram algumas evidências de que há 6.000 anos os cavalos já eram utilizados como meio de transporte na Ucrânia, evidenciado por marcas nos pré-molares de fósseis. (VICENTE, 2003)



Figura 2. Dentes de fósseis de cavalo exibindo danos causados por um bocal de metal (Taylor, 2020)



Figura 3. Cavalos de Przewalski, os parentes selvagens mais próximos do cavalo doméstico (Vicente, 2003)

Não se sabe ao certo como ocorreu sua captura e nem como foram as primeiras domas, mas o fato é que o cavalo começou a ser utilizado como fonte de leite e carne. Posteriormente foi utilizado para puxar cargas devido a sua força e a sua inteligência, sendo esse último uma enorme vantagem em relação ao boi. Nesse mesmo local, os cavalos passaram a ser montados e usados para perseguir outros animais em alta velocidade, o que resultou em uma melhoria enorme na dieta do homem. (LAROUSSE, 2016)

Além disso, os cavalos foram auxiliares nas guerras de todos os povos que dominaram sua montaria: dos povos tribais na Ásia Central, passando pelas Invasões Bárbaras, as Conquistas dos Novos Mundos, nas duas Grandes Guerras e até mesmo na atual Guerra do Afeganistão. (LAROUSSE, 2016)(CNA, 2006) Hoje, os cavalos estão relacionados às atividades agropecuárias, militares, ao esporte e ao lazer. (CNA, 2006)



Figura 4. Horse Memorial na província do Cabo Oriental da África do Sul dedicado aos cavalos que serviram e morreram durante a Segunda Guerra dos Bôeres (Nelson, 2020)

Ao retirarmos os cavalos de sua vida livre, nós os privamos de sua movimentação e de sua alimentação e nos tornamos responsáveis por suprir os cuidados que a Natureza fornecia.

Dentre vários, está o cuidado com os cascos, que se desgastavam naturalmente na mesma velocidade de seu crescimento e que permaneciam em boas condições devido ao regime alimentar balanceado obtido em sua vida selvagem.

Após a domesticação, além do fornecimento de boa alimentação, o homem precisa realizar a manutenção dos cascos, processo que envolve o casqueamento (aparo do casco) e o ferrageamento (alojamento da ferradura em si). (LAROUSSE, 2016) O uso da ferradura se faz necessário porque submetemos os cavalos a andar em superfícies que fariam com que o casco desgastasse numa velocidade maior do que o crescimento de seus cascos ou que seriam responsáveis por causar rachaduras e fissuras. (CNA, 2006) E é aqui, juntamente com o desenvolvimento de outros equipamentos essenciais à arte equestre como freios e estribos, que a evolução dos equíideos se encontra com a metalurgia. Podemos dizer, então, que a história do homem poderia ser escrita sobre o lombo de um cavalo casqueado e ferrado.

### ***1.1.1 O Cavalo no Brasil***

Os cavalos desapareceram do continente americano muito antes da chegada de Colombo, mas o motivo que levou a isso ainda é desconhecido. A principal evidência da ausência de cavalos na América é o fato de que os nativos não demonstraram nenhum sinal de que já conheciam a espécie. Pelo contrário, eles ficaram aterrorizados com sua presença, um fator que muito importante na conquista do território pelos europeus. Depois de um tempo, no entanto, os nativos se aproximaram do cavalo e o usaram para frear o avanço dos estrangeiros, como aconteceu na América do Norte em que várias tribos conseguiram atrasar em 300 anos a travessia do continente pelos conquistadores. (VICENTE, 2003) Na América do Sul não foi diferente, os índios imitaram os colonizadores e passaram a montar os cavalos da região platina, que haviam se tornado selvagens nessas excelentes pastagens. (JACQUES, 2008) (RIBEIRO, 2006)

O cavalo foi introduzido no Brasil na época da colonização e a chegada oficialmente registrada dos primeiros cavalos se deu em 1549 quando o primeiro governador-geral, Tomé de Souza, trouxe cavalos para a Bahia vindos de Cabo Verde na Caravela Galga. (CNA, 2006)

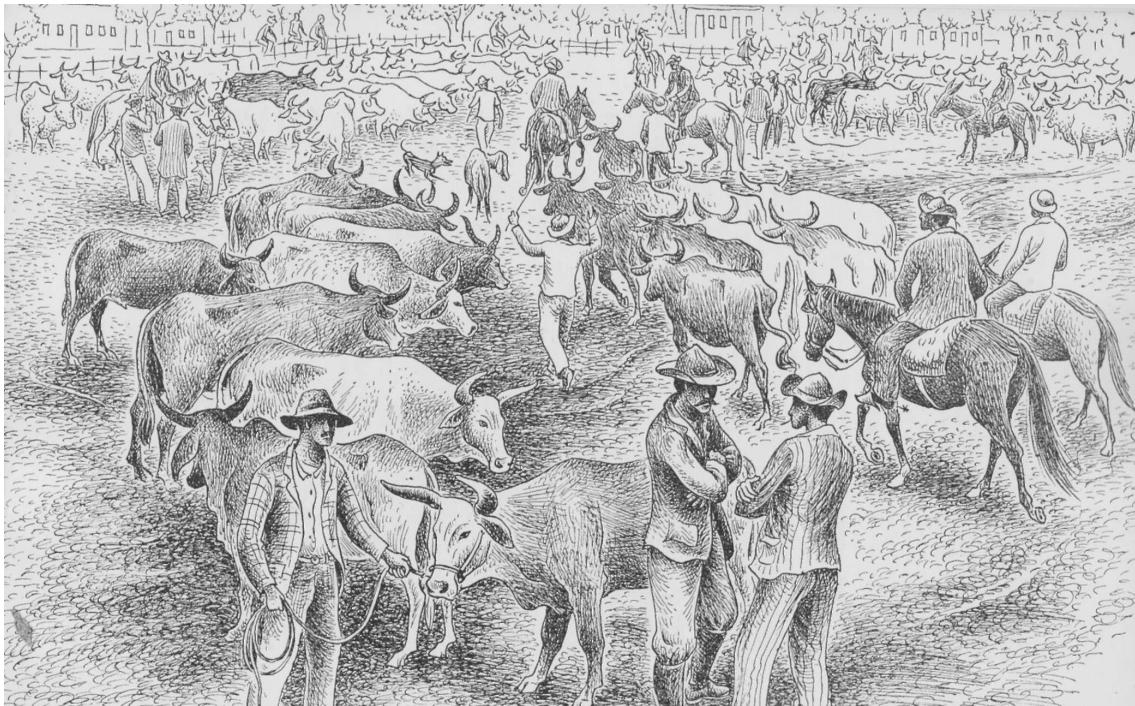


Figura 4. Feira de Gado (Tipos, 1970)

Umas das principais atividades no Brasil colônia era a pecuária, especificamente a criação de gado bovino, a qual sempre acompanhava uma tropa de cavalos. No início os animais ocupavam a Zona da Mata Nordestina junto com a lavoura, porém o conflito gerado entre pecuaristas e agricultores resultou em uma Carta Régia em 1701 proibindo a criação de animais a menos de 10 léguas (50 km, aproximadamente) da costa. (CNA, 2006) As plantações eram frequentemente destruídas pelos animais, os quais não podiam ser contidos já que a confecção de certas tinha um custo alto, principalmente pela inexistência da produção de arames no Brasil e inviabilidade financeira de importação.

No Sul havia tropas de cavalos selvagens, não nativos, mas originados do extravios de outras tropas, que foram domados a partir da mistura entre as técnicas da escola espanhola com as técnicas dos índios nativos, resultando na doma gaúcha. (JACQUES, 2008) No século XVII, com o ciclo da mineração, houve a expansão desses cavalos e mulas para as Regiões Centro-Oeste e Norte. (CNA, 2006) Além disso, nesse período, havia também a necessidade de levar mantimentos aos mineiros e levar o ouro das minas até o Rio de Janeiro e, para isso, eram utilizados muares (mulas e burros, híbridos resultante do cruzamento entre asininos e equinos). (AUTOR, 2006; RIBEIRO, 2006)

Os muares eram criados nos territórios das missões na região platina, principalmente na Argentina e no Uruguai e eram excelentes para realizar viagens distantes por sua enorme resistência e força, conseguindo transportar peso mesmo em terrenos montanhosos. A pedido

do Rei de Portugal, Francisco de Souza Faria foi o responsável por conduzir essa tropa para a região Centro-Sul e, em 1731, ele abriu um caminho de Viamão (atual Porto Alegre) a Curitiba, a qual já possuía estradas para São Paulo. Três anos depois, aconteceu a primeira viagem com 3 mil mulas e cavalos até Minas Gerais, conduzidas por 130 homens. E assim se iniciou uma rotina que seria repetida por mais de dois séculos: os animais arrebanhados no Sul eram levados até Sorocaba, no interior de São Paulo, onde era realizada a principal feira para comerciantes do país inteiro, e então eram encaminhadas para realizar o transporte de mercadorias. (AUTOR, 2006; RIBEIRO, 2006)

As feiras em Sorocaba foram realizadas de 1750 a 1897, com uma média de 20 mil animais por ano, resultando em 2.940.000 animais em 147 anos. O comércio era tão intenso que levou o governo a criar um “imposto” no registro dos animais de Sorocaba. A importância do tropeirismo está na movimentação econômica da própria tropa e dos artefatos que ela transportava (cana-de-açúcar, algodão, ouro e café), no domínio português no sul do país, lugar onde os conflitos eram constantes, e também nas regiões mais despovoadas, como a porção meridional, além da formação de cidades na rota desses animais. (AUTOR, 2006; RIBEIRO, 2006)



Figura 6. Monumento ao Tropeiro, na Praça dos Tropeiros em Sorocaba (SP) (Praça, 2011)

### 1.1.1.1 Uso militar

No Brasil, a Cavalaria está relacionada com o término da guerra contra os holandeses em Pernambuco. O cavalo também foi utilizado para Regimentos da Cavalaria, Grupos de Artilharia e Coudelarias, todos ligados à segurança do país. (CNA, 2006)

Hoje, os cavalos do Exército são utilizados também para outras finalidades além de ações para garantir a lei e a ordem, como cerimônias militares, produção de imunobiológicos, práticas esportivas, atividades de equoterapia, dentre outros. (CNA, 2006)

A Polícia Militar do Estado de São Paulo, por exemplo, conta com o Regimento de Polícia Montada 9 de Julho. Ele foi criado em 11 de outubro de 1892, sendo uma das unidades mais tradicionais da PM do Estado de São Paulo. Sua origem se deu na criação da Guarda Municipal Permanente em 15 dezembro de 1931, quando o Brigadeiro Rafael Tobias de Aguiar designou 30 homens para a Cavalaria. O nome do Regimento é uma homenagem do povo paulista à sua participação heróica na Revolução de 1932. (VÍDEO, 2017)

Hoje, o Regimento atua em todo o território estadual na preservação e manutenção da ordem pública, em operações rurais e urbanas, no controle de tumultos, em missões especiais de representatividade (escolta de honra, lanceiro, banda de clarins, escola de volteio e carrossel) e ações filantrópicas gratuitas com a equoterapia. (VÍDEO, 2017)



Figura 7. Regimento de Polícia Montada 9 de Julho (Polícia Militar do Estado de São Paulo) (Regimento, 2020)

### *1.1.1.2 A tropa brasileira*

Ainda hoje, a presença de equinos está relacionada com a de bovinos, portanto a tropa de cavalos brasileira acompanha o deslocamento da pecuária de bovinos, tanto em território quanto em número. (CNA, 2006) O IBGE realiza a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) periodicamente e, em seu último resultado publicado em 2016, demonstrou que há 5.576.136 equinos no Brasil. (IBGE, 2016)

Os estados com o maior número de equinos são Minas Gerais com 762.006, Rio Grande do Sul com 537.159 e Bahia com 481.869 representando, respectivamente, 13,7%, 9,6% e 8,6% do plantel nacional. O estado com o menor número é o Amapá com 8.207 equinos (0,1%). A Figura 7 abaixo mostra as quantidades de equinos por Unidades da Federação. (IBGE, 2016)

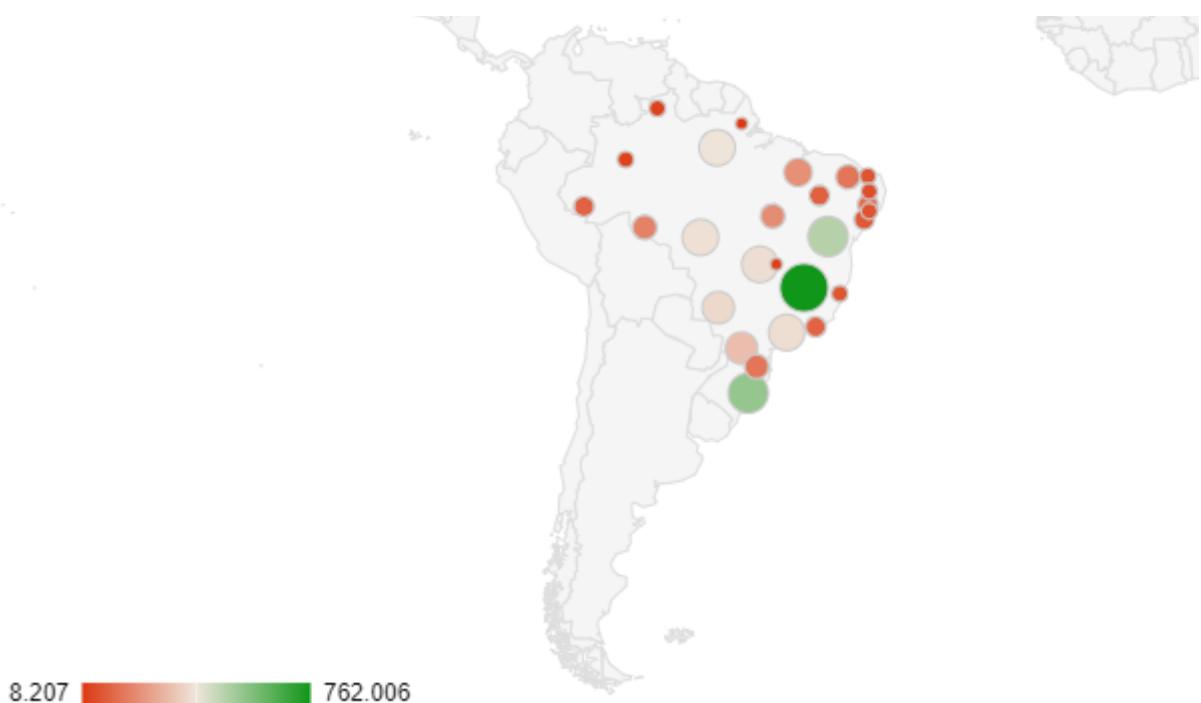


Figura 8. Efectivo de eqüinos em 2016 segundo as Unidades da Federação (IBGE, 2008)

### **1.1.2 O Mercado do Cavalo**

O Complexo do Agronegócio engloba a produção, processamento e comercialização de produtos relacionados a agropecuária. (MAPA, 2016) A indústria do cavalo movimenta R\$

7,3 bilhões por ano e possui cerca de 640 mil pessoas com empregos diretos (valor que poderia atingir 3,2 milhões ao considerar os indiretos). (CNA, 2006)

Tabela 1 - Resumo das contribuições dos diversos segmentos do Complexo do Agronegócio Cavalo no Brasil

<b>Segmento</b>	<b>Movimentação econômica (R\$)</b>	<b>Pessoas Ocupadas</b>
Lida	R\$ 3.954.275.000,00	505.050
Segmento "Consumidor"	R\$ 1.654.400.000,00	91.429
Jockey	R\$ 359.500.000,00	4.000
Militar	R\$ 176.000.000,00	6.286
Selaria	R\$ 174.600.000,00	12.000
Vaquejada	R\$ 164.000.000,00	1.430
Exposições e Eventos	R\$ 146.100.000,00	nc
Casqueamento e Ferrageamento	R\$ 143.640.000,00	2.100
Transporte de Eqüinos	R\$ 86.400.000,00	85
Carne	R\$ 80.000.000,00	1.000
Escolas de Equitação	R\$ 78.000.000,00	9.000
Esportes (hipismo)	R\$ 57.600.000,00	2.000
Medicamentos Veterinários	R\$ 54.142.630,20	300
Rações	R\$ 53.440.000,00	nc
Equoterapia	R\$ 43.200.000,00	2.500
Turismo Eqüestre	R\$ 21.000.000,00	1.500
Veterinários	R\$ 20.000.000,00	500
Leilões	R\$ 19.100.000,00	200
Curtume	R\$ 15.000.000,00	160
Mídia	R\$ 10.000.000,00	nc
Exp. E imp. De cavalos vivos	R\$ 8.833.623,68	nc
Seguro	R\$ 2.500.000,00	nc
Pólo	R\$ 1.684.400,00	1.500
Trote	R\$ 1.000.000,00	150
SENAR	R\$ 976.000,00	30
<b>Total</b>	<b>R\$ 7.325.391.653,88</b>	<b>641.220</b>

Fonte: CNA (2006)

De acordo com a Tabela 1, os segmentos que mais movimentam a “indústria do cavalo” são a lida com R\$ 3,9 bilhões, o segmento “consumidor” (como sendo venda interna, venda externa ou abate) com R\$ 1,6 bilhão e o Jockey com R\$ 360 milhões. Alguns segmentos não estão inclusos na contagem, como o setor de “moda country” porque não há segmentações dentro da indústria da moda que forneça o valor específico para a interseção com o agronegócio. (MAPA, 2016)

#### *1.1.2.1 O Casqueamento e o ferrageamento*

O segmento “Casqueamento e Ferrageamento” aparece em 8º lugar dentro das contribuições dos segmentos do Complexo do Agronegócio do Cavalo no Brasil com o movimento econômico de R\$ 144 milhões de reais envolvendo 2.100 pessoas diretamente. (CNA, 2006)

O casqueamento e o ferrageamento fazem parte da rotina dos cavalos porque, como foi dito, ao retirarmos os cavalos do seu habitat natural, precisamos fornecer cuidados com seus cascos. Essas atividades são realizadas por profissionais chamados de ferradores, cujo conhecimento é multidisciplinar e envolve, mesmo que empiricamente nos profissionais com menor qualificação, as áreas da Medicina Veterinária (anatomia do casco), da Equideocultura (no manejo com cavalo) e da Metalurgia (no manuseio do metal).



Figura 9. Ajuste de ferradura a quente (Mustad Hoofcare, 2020)

## 1.2 Os cavalos e a metalurgia

O processo de ferrageamento é uma técnica milenar cujo conhecimento advém do empirismo e da Medicina Veterinária. O estudo da metalurgia das farraduras ainda é pouco discutido no mercado e algumas informações técnicas como o material utilizado e sua composição não estão disponíveis em catálogos.

Assim, este trabalho visa analisar farraduras novas e usadas em ambientes rurais e urbanos. A análise das farraduras novas, ou seja, ainda não utilizadas nos cavalos, tem como objetivo comparar as farraduras de aço e alumínio do ponto de vista da microestrutura, do design, da massa e da função. O foco da análise das farraduras usadas de aço está no desgaste ocorrido e na mudança da microestrutura do lado em contato com o solo.

Ademais, o objetivo secundário deste trabalho é a compilação de informações de difícil acesso a metalurgistas que ajudam na compreensão dessa aplicação e desse mercado, além do tipo de desgaste ocorrido nas farradura sob diversas condições.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## **2.1 Do ponto de vista da Medicina Veterinária**

### **2.1.1 A anatomia do casco**

Um cavalo pode ser comparado a uma ponte pênsil do ponto de vista estático, sendo os seus membros anteriores e posteriores os eixos que mantém a ponte em pé. (LAROUSSE, 2016) E assim como todos os animais, as funções e estruturas dos cavalos interagem entre si e, por isso, abaixo está uma figura das partes zootécnicas dos equinos. (SANAR, 2018)

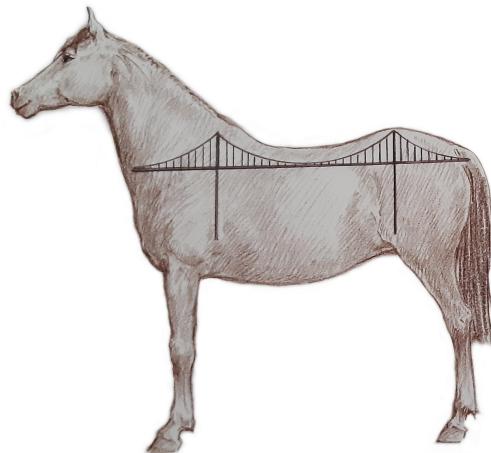


Figura 10. Comparação de um cavalo com uma ponte pênsil, do ponto de vista estático (Larousse, 2016)

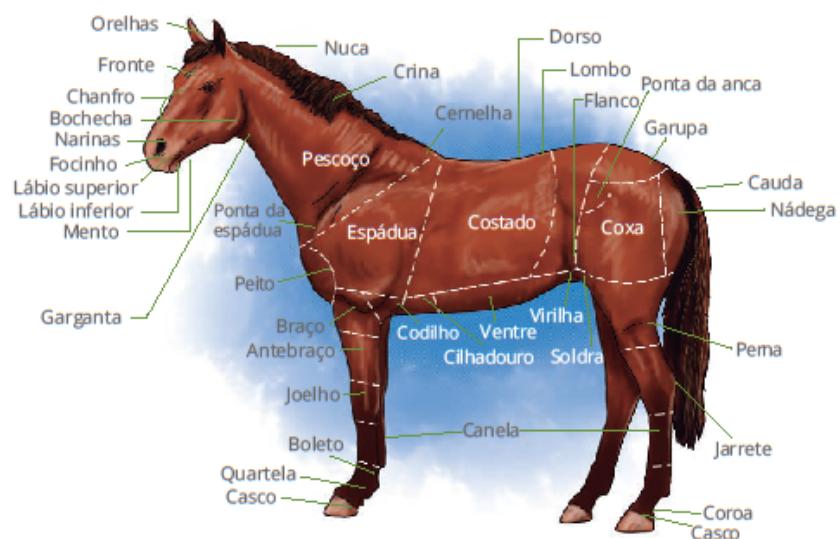


Figura 11. Partes zootécnicas dos equinos (SANAR, 2018)

Para entender a extremidade dos membros do cavalo é necessário saber um pouco sobre o conjunto inteiro. Os cavalos, *Equus Caballus*, pertencem ao gênero Equus, assim como os asininos ou asnos, *Equus Asinus*, e zebrinos ou zebras, *Equus Zebra*. O gênero Equus é caracterizado por serem monodáctilos, ou seja, por possuírem somente um dedo funcional em cada um de seus membros (VICENTE, 2003)

Anatomicamente, o estojo córneo consiste em parede ou muralha do casco, sola e ranilha. A parede é a parte visível e contempla, basicamente, a pinça, os quartos e o talão. Ela começa logo abaixo da banda coronária (popularmente, a “coroa do casco”) onde ocorre o desenvolvimento das novas células. A sola é a porção maior do plano que encosta no solo, contornada pela linha branca, e a ranilha é a parte triangular que se projeta da sola, ladeada pelos sulcos. (BUDRAS; SACK; RÖCK, 2009) (MAGALHÃES, 2020) (FARIA, 2010)

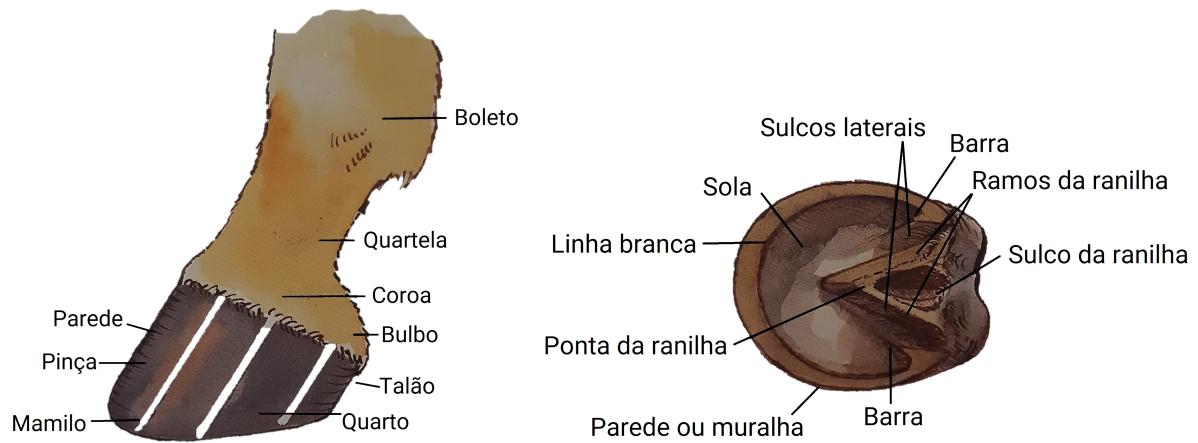


Figura 12. Anatomia do pé e do casco do cavalo (Larousse, 2016)

A parede do casco possui inúmeras lamelas e córneas e seus membros possuem um único osso, a 3<sup>a</sup> falange, sob o qual há um tecido fibroso com muitos vasos sanguíneos e rico em gordura que fica sobre a rainha. A Figura 13 mostra um corte transversal da parede do casco, em que é possível observar tais lamelas e a Figura 14 mostra os ossos e a falange. (LAROUSSE, 2016)

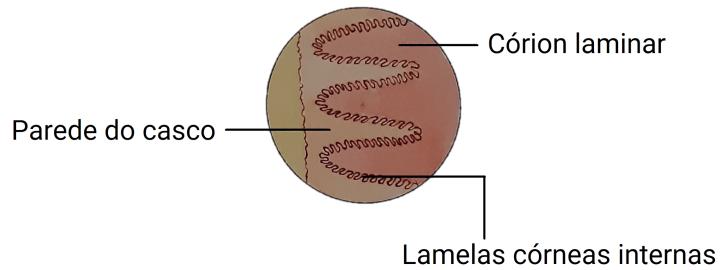


Figura 13. Corte transversal da parede do casco (Larousse, 2016)

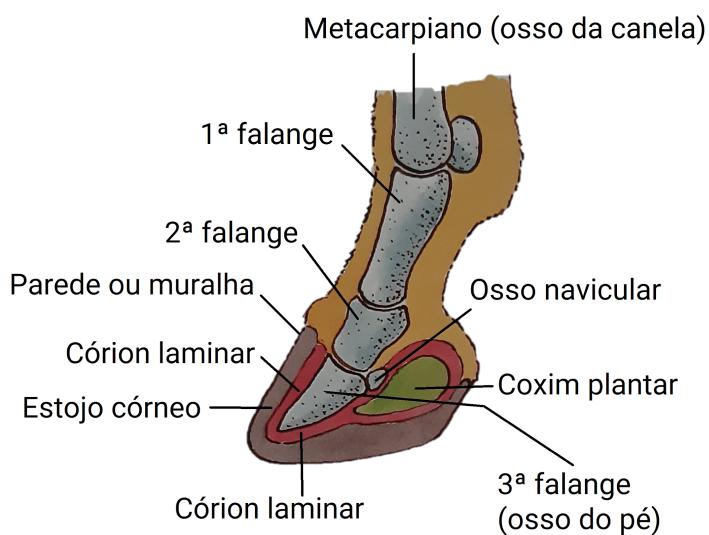


Figura 14. Plano sagital da anatomia do pé do cavalo (Larousse, 2016)

O fato de ter somente “um dedo” em seus membros fez com que os equinos, únicos mamíferos com essa característica, obtivessem uma ótima adaptação à corrida. E quando o animal se movimenta, o primeiro contato com o solo acontece com a parede do casco (ou muralha), gerando vibrações que percorrem a rede de lamelas com mais de 5.000 cm<sup>2</sup> de superfície e que são absorvidas por uma camada hidráulica de vasos sanguíneos, sendo esta a primeira atenuação do impacto. Em seguida, há a fase de apoio, em que ocorre o movimento descendente do boleto. As forças exercidas nesse movimento são amortecidas em parte pelo ligamento no boleto e pelo tendão acima da falange e o restante da força vertical é transmitida a dois terços do casco. O último amortecimento é realizado pela contração do coxim lateral, afastamento dos talões e o movimento descendente da rainha, que se revertem quando o apoio cessa. Além de absorver o impacto, esses movimentos de contração e expansão são responsáveis pela circulação sanguínea de todo o membro do cavalo. (LAROUSSE, 2016)

Os cascos dos cavalos também estão relacionados com a sua etologia, ou seja, seu comportamento. Um dos seus cinco sentidos é o tato, que acontece através da percepção cutânea, das vibrissas (pelos táteis, “bigodes”) e dos cascos. A sensibilidade dos cascos permite que os cavalos percebam o terreno, fazendo com que evitem buracos e obstáculos, e também a aproximação de animais. (SANAR, 2018)

### ***2.1.2 Saúde e sanidade do casco***

O casco, assim como o próprio cavalo, apesar de ter uma aparência forte e robusta, é, na verdade, delicado e muito sensível ao manejo. Ainda que o casco tenha resistência, ele é uma estrutura flexível, complexa e vulnerável a umidade e temperatura. (LAROUSSE, 2016; BUDRAS, SACK, RÖCK, 2009)

A manutenção de um ambiente limpo e livre de umidade é fundamental para que o casco se mantenha saudável. Para isso, é necessário que se faça a limpeza da “cama”, o material colocado no chão da baia (geralmente de maravalha ou pó de serra, materiais absorventes, que permitem a separação do estrume e proporcionam conforto ao animal), do pasto (com a retirada de esterco e feno velho e livre de barro) e, principalmente, do próprio casco, que deve ser diária e ocorrer sempre que o animal for voltar para a baia. Essa limpeza não é o casqueamento nem o ferrageamento, seu objetivo é remover terra ou serragem da sola e da ranilha que podem acumular umidade, aumentar a temperatura e deixar o local sem ar. Ela é feita por qualquer pessoa responsável pelo manejo do animal: proprietário, treinador, assistente, dentre outros.

A falta de limpeza e cuidado com os cascos e com o ambiente pode ocasionar diversas doenças nos cascos. Algumas delas são: brocas, contaminação nas muralhas dos cascos causadas pelos microrganismos que vivem no ambiente; cancro, crescimento anormal da ranilha causado por bactérias; doença da linha branca (“formigueiro”), consumo da linha branca por fungos e bactérias; rachaduras de piso, que ocorrem pelo contato constante com fezes e urina. (MARINS, [s.d.])

Há doenças que estão mais relacionadas ao ferrageamento (ou a falta dele). Os abscessos podem ser ocasionados por traumas diretos, buracos de cravos ou perfurações na sola e na ranilha e os hematomas surgem dos traumas diretos na sola ou muralha do casco. As rachaduras de piso também podem ocorrer em animais sem ferraduras que ficam em pastos e cujos cascos estão sujeitos ao atrito com o solo; já as rachaduras de muralha ocorrem devido a erros no casqueamento e ferrageamento ou por desordem climática. (MARINS, [s.d.])

A laminites (aguamento ou infosura) é a segunda doença que mais causa a morte de equinos, perdendo somente para a cólica. Ela é conhecida, tradicionalmente, pela inflamação das lâminas, está relacionada com a vascularização da região do cascos e pode ser definida como uma falha na fixação da 3<sup>a</sup> falange com a parte interna do casco. (DÁLIA NETO, 2014) Trata-se de uma doença complexa e seu entendimento, hoje, é limitado, mas suas causas estão relacionadas a sequelas de outras doenças graves (como cólicas), mudanças de alimentação, ingestão de muita quantidade de concentrado ou de água fria, concussão, trabalho em superfícies duras e, até mesmo, mau ferrageamento e casqueamento. (MARINS, [s.d.]); DÁLIA NETO, 2014)

## 2.2 O ferrageamento

### 2.2.1 *O ferrador*

Crônicas romanas com temas militares do século II se referem a locais para cavalos doentes e feridos contendo veterinários e até mesmo forjas. O nome apareceu primeiro na Idade Média, como “ferrier”, derivado do termo para “blacksmith” do Anglo-Francês e, muito antes, do termo “ferrum” do Latim. (WERNER, 2012)

É importante diferenciar o ferreiro do ferrador. O primeiro, também conhecido por ferramenteiro ou forjador, é o artesão que trabalha com ferro e aço no geral. O segundo, apesar de ter algumas habilidades do ferreiro como utilizar forno, bigorna e manusear o aço, é o indivíduo que realiza a ferragem de animais.

A profissão de ferrador se iniciou quando o ferrageamento começou a ser uma prática comum, no século XII. Naquela época ele não era apenas quem realizava o casqueamento e o ferrageamento, mas também era responsável por realizar castrações e tratamentos em geral. Além disso, não haviam fábricas de ferraduras e eles eram responsáveis por todo o processo de conformação das ferraduras. (LAROUSSE, 2016)

As primeiras escolas veterinárias surgiram no século XVII e, com isso, o ferrador deixou de ser utilizado como “curador” e passou a se especializar no casqueamento e no ferrageamento. (LAROUSSE, 2016)



Figura 15. Ferrador trabalhando em ilustração de 1320 a 1330 na Inglaterra (British, 2020)

Hoje o ferrador conta com diversas ferramentas específicas e farraduras já fabricadas, sendo necessário somente realizar alguns ajustes para modelar a farradura no casco. Alguns deles ainda são capazes de manipular o aço até transformá-lo numa farradura, dando seu formato e realizando canaletas e furos, o que é essencial para solucionar problemas específicos no casco em conjunto com o veterinário. (LAROUSSE, 2016)

Na Inglaterra a profissão só pode ser realizada por profissionais que realizaram cursos específicos em escolas, enquanto no Brasil o rigor não é o mesmo, contendo ferradores de diversos níveis. (LAROUSSE, 2016) Há cursos particulares, como os realizados pela Universidade do Cavalo (UC), e gratuitos, como os realizados pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR) em diversas regiões do Brasil, dedicados a essa profissão. Mesmo assim, muitos ferradores não são tecnicamente treinados para tal exercício. (CNA, 2006)

Além disso, no Brasil, ainda há lugares com carência de Médicos Veterinários, o que torna o serviço muito caro já que eles precisam percorrer longas distâncias, fazendo com que o ferrador volte a ter a função de “curandeiro”.

Para os ferradores qualificados, a média de produtividade é de 360 farraduras em um mês, o que equivale a 3 cavalos por dia. (CNA, 2006) O valor cobrado por um ferrador varia conforme sua qualificação, a aplicação da farradura (manutenção, esporte ou ortopédica) e a região em que se encontra, podendo chegar a mais de R\$ 200,00 em grandes centros e hípicas, em que é necessário muito conhecimento e técnica para garantir a alta performance dos

animais. Das 2.100 pessoas estimadas como sendo do segmento de “Casqueamento e Ferrageamento” do Estudo do Complexo do Agronegócio, cerca de 90% são de ferradores. A movimentação citada de R\$ 143.640.000,00 inclui além do ferrador em si, as indústrias e os comércios de equipamentos e ferragens.

### ***2.2.2 Ferrageamento e casqueamento***

O’Grady e Poupard (2003) afirmam que não há outro procedimento de rotina em cavalos atletas que tenha mais influência na saúde do cavalo do que o casqueamento e o ferrageamento. A córnea do casco cresce, em média, de 6 a 8 mm por mês e o casqueamento e o ferrageamento devem ocorrer, em média, a cada 6 semanas, de modo haja crescimento suficiente para que o casco seja aparado. (LAROUSSE, 2016)

O processo envolve, basicamente, três etapas: casqueamento, conformação da ferradura e o ferrageamento em si. (OGRADY; A POUPARD, 2003)

#### ***2.2.2.1 Os equipamentos***

Há inúmeras ferramentas que são utilizadas durante o casqueamento e o ferrageamento. O “kit do ferrador” pode variar de acordo com o nível de sua especialização e do quanto ele pode investir.

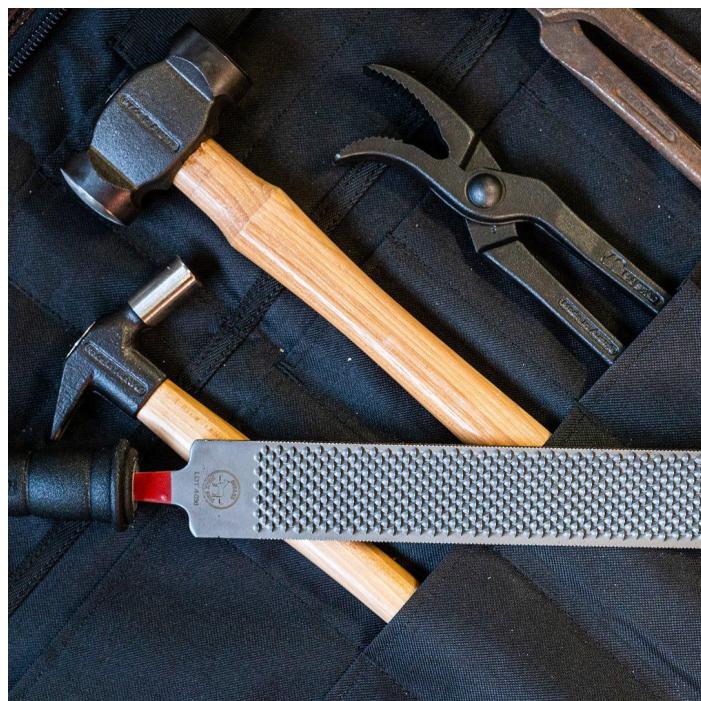


Figura 16. Ferramentas para casqueamento e ferrageamento (Mustad Hoofcare, 2020)

Além disso, a qualidade do casqueamento e ferrageamento depende também da qualidade dos equipamentos. Ferramentas produzidas especificamente para a realização desses serviços possuem o material e as dimensões necessárias para fornecer precisão e o balanço correto. Os principais equipamentos estão listados abaixo: (GABRILAITIS; MARINS, 2019)

#### Equipamentos de Proteção

- a. Avental: geralmente de couro, ele envolve as pernas do ferrador de modo a protegê-lo de cortes com o rinete, perfurações com os cravos e até mesmo de movimentos bruscos dos cavalos. Além disso, eles possuem bolsos próprios para alocar diversas ferramentas, o que permite manter o local organizado e limpo. Uma prática comum é colocar um imã por dentro do bolso e grudar os cravos por fora.



Figura 17. Avental de couro (Mattheis Borg, 2016)

- b. Bota com biqueira: evita pisões de cavalos além de lesões causadas pelas demais ferramentas utilizadas.
- c. Óculos de proteção: proteção dos olhos.
- d. Protetor auricular: proteção dos ouvidos.

#### Remoção da Ferradura:

- e. Machadinha: quando o cavalo ainda está de ferradura, essa ferramenta é utilizada para remover o cravo. O ideal é o uso de um martelo de borracha para não danificar a machadinha.



Figura 18. Machadinhas (Mattheis Borg, 2016)

- g. Saca cravos: trata-se de um modelo de torques que permite remover as pontas dos cravos na muralha do casco, desarrebitando os cravos.



Figura 19. Saca cravos (Mattheis Borg, 2016)

- h. Saca ferradura: trata-se de outro modelo de torques que possui a boca mais larga, permitindo o acesso à ferradura e, depois que os cravos estão desarrebitados, ela realiza uma alavanca e desprende a ferradura.



Figura 20. Saca ferradura (Mattheis Borg, 2016)

#### Casqueamento:

- i. Limpador de casco: é o mesmo equipamento utilizado no dia-a-dia da manutenção dos cascos e é utilizado para remover a sujeira externa como barro ou serragem.



Figura 21 Limpador de casco (Mattheis Borg, 2016)

- j. Escova de aço: a escova finaliza a limpeza dos cascos, retirando pequenas partículas que podem, inclusive, danificar as ferramentas.



Figura 22. Escova de aço (Mattheis Borg, 2016)

- k. Rinete: conhecido também por “faca”, é a ferramenta responsável pelo corte da sola e da ranilha. Há diversos modelos: com corte nos dois lados, somente no lado direito ou somente no lado esquerdo, dentre outros.



Figura 23. Rinete (Mattheis Borg, 2016)

- l. Torquês para cascos: trata-se de uma torquês específica para a remoção da parede do casco e somente executa essa função.



Figura 24. Torquês para cascos (Mattheis Borg, 2016)

- m. Grossa: responsável pelo acabamento final no casqueamento tanto na sola quanto na muralha.



Figura 25. Grossa (Mattheis Borg, 2016)

- n. Tripé: o equipamento possui um apoio para o casco do animal, permitindo uma qualidade maior do trabalho. Alguns ainda possuem encaixes para as ferramentas, o que gera praticidade e organização, já que as ferramentas e o casco ficam ambos ao alcance do ferrador.



Figura 26. Tripé (Mattheis Borg, 2016; Selaria, 2020)

Ferrageamento:

- o. Martelo de cravejar: martelo projetado especificamente com angulação correta da cabeça para a inserção dos cravos na ferradura, permitindo bom balanço e precisão.



Figura 27. Martelo de cravejar (Mattheis Borg, 2016)

- p. Alicate jacaré para ferrador: sua função é arrebitar os cravos na ferradura.



Figura 28. Alicate jacaré (Mattheis Borg, 2016)

- q. Angulador para casco: instrumento calibrado ideal para medição dos comprimentos e ângulos dos cascos.



Figura 29. Angulador para casco (Selaria, 2020)

- r. Compasso para ferrador: é utilizado para conferir as medidas dos talões, das barras e das pinças do casco a partir de uma regulagem para fixar a medida definida.



Figura 30. Compasso para ferrador (Selaria, 2020)

- s. Bloque com lixa especial: é utilizada para dar o acabamento final nos cravos que ficam embutidos na muralha.



Figura 31. Bloque com lixa especial (Mattheis Borg, 2016)

#### Conformação da Ferradura:

- t. Bigorna: a bigorna para o ferrador possui corno arredondado, que não danifica a ferradura, uma base boa para a conformação e, no final, o stall jack, uma abertura que permite o encaixe da ferradura (facilitando a conformação a frio).



Figura 32. Bigorna (Mattheis Borg, 2016; Selaria, 2020)

- u. Mesa para bigorna: equipamento utilizado para deixar a bigorna na posição ideal para a conformação da ferradura. Algumas possuem uma morsa acoplada que permite realizar uma conformação mais precisa e também acabamentos com máquina.



Figura 33. Mesa para bigorna (Mattheis Borg, 2016)

- v. Marreta bola: específica para realizar a conformação da ferradura, com massa e balanço ideais, sendo um lado plano e o outro abaulado.



Figura 34. Marreta bola (Selaria, 2020)

- w. Marreta guarda casco: ferramenta utilizada para remover o guarda casco das ferraduras, quando necessário.



Figura 35. Marreta guarda casco (Selaria, 2020)

- x. Tenaz: ferramenta para segurar a ferradura, utilizada durante a conformação a frio e, principalmente, a quente.



Figura 36. Tenaz (Mattheis Borg, 2016)

- y. Pegador de ferradura: há diversos modelos e é ideal para colocar a ferradura quente para a cauterização do casco, geralmente prende a ferradura em sua base interna e no furo do cravo.



Figura 37. Pegador de ferradura (Selaria, 2020)

- z. Forja: projetadas para o uso de ferradores que realizam a ferragem a quente, com tamanho ideal para que seja transportada facilmente. É essencial o acompanhamento de uma mesa para a forja e um botijão a gás.



Figura 38. Forja (Mattheis Borg, 2016; Selaria, 2020)

### 2.2.2.2 Casqueamento

O casqueamento é a fase mais importante do processo, sendo obrigatório em todos os cavalos para remover o casco que cresceu, manter seu balanceamento e, quando necessário, arrumar o aprumo do cavalo. Ele deve ocorrer mantendo a parede grossa, a profundidade da sola adequada, os talões fortes e bem apoiados, a ranilha saudável e com sulco próprio para limpeza, os anéis de crescimento iguais, de modo a manter uniforme as estruturas que suportam e distribuem a carga. Assim, o peso do cavalo pode ser distribuído igualmente sobre cada membro. (GABRILAITIS; MARINS, 2019; LAROUSSE, 2016) Além disso, deve-se considerar que cada indivíduo possui uma conformação única e o casqueamento deve respeitar a forma original do casco, incluindo a sua angulação. (GABRILAITIS; MARINS, 2019) Em potros, durante os seis primeiros meses, o casqueamento é fundamental para correção dos defeitos. (GABRILAITIS; MARINS, 2019)



Figura 39. Casqueamento com grossa (Mustad Hoofcare, 2020)

Antes de iniciar o casqueamento, deve-se realizar a avaliação do balanceamento do casco, observando as vistas frontal, lateral e palmar ou plantar do casco. (GABRILAITIS; MARINS, 2019)

#### 2.2.2.2.1 Balanceamento do Casco

O termo balanceamento do casco (*hoof balance*) não tem definição universal e, apesar de incluir os balanços geométricos, dinâmicos e natural, sua avaliação é feita essencialmente através da “arte da observação”. (OGRADY; A POUPARD, 2003)

O balanço geométrico é determinado quando o cavalo está em repouso e impõe que a região do casco seja simétrica quando observada na superfície do solo, da pinça para o talão, e uma linha passando pelo centro do casco o dividiria em partes iguais. O problema de avaliar somente o balanço geométrico é que ele não considera a conformação de todo o membro do cavalo. (OGRADY; A POUPARD, 2003)

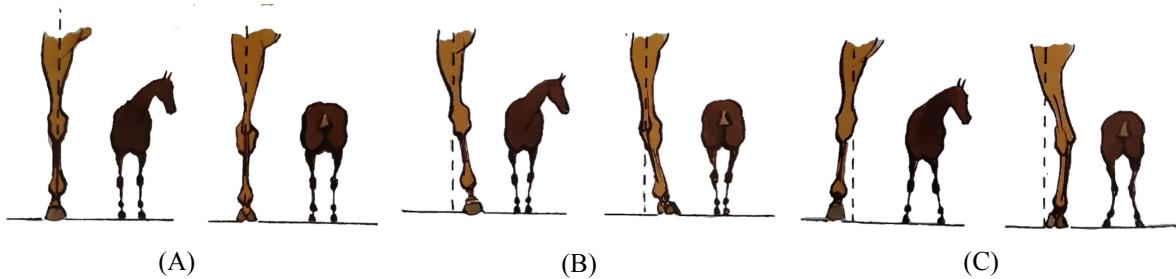


Figura 40. Principais aprumos do cavalo. (A) Aprumos normais. (B) Fechado de frente e de trás, curvilhões abertos. (C) Aberto de frente e de trás, curvilhões fechados (Larousse, 2016)

O balanço dinâmico, com o cavalo em movimento, impõe que o instante em que o casco toca o solo deve ocorrer de maneira simétrica. Assim, espera-se que as forças na sola do casco sejam uniformes. Contudo, nem todos os cavalos possuem uma conformação no membro que permitam essa simetria durante a passada. (OGRADY; A POUPARD, 2003)

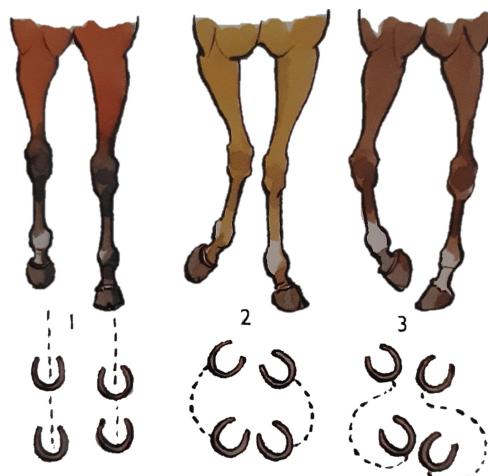


Figura 41. Movimentos e pegadas dos cavalos. Em 1, cavalo com aprumos normais; em 2, com joelhos fechados e pinças divergentes (cambaio); e em 3, cavalo com joelhos abertos e pinças convergentes (carvalho ou periquito). (Larousse, 2016)

O balanço natural, um conceito mais recente, diz que o casco deve ser moldado de acordo com a conformação natural do cavalo. (OGRADY; A POUPARD, 2003)

Assim, um bom ferrador deve realizar o casqueamento de maneira individualizada e com paciência, avaliando o cavalo em repouso e em movimento antes, durante e depois do casqueamento. É importante também que, sempre que possível, seja sempre o mesmo ferrador que realize o casqueamento e o ferrageamento de cada animal para que ele tenha maior ciência sobre os problemas de conformação de seus membros e a velocidade de crescimento do casco.

No caso de cavalos atletas é comum que o ferrador observe o treinamento ou converse com o treinador para saber quais as maiores dificuldades do animal durante a movimentação para que isso possa ser amenizado durante o casqueamento e o ferrageamento.

#### *2.2.2.3 A conformação da ferradura*

As ferraduras deverão ser escolhidas para cada casco e essa escolha envolve o tamanho do casco do cavalo, a forma ideal que ele deveria ter e as atividades com as quais o cavalo está envolvido. (LAROUSSE, 2016)



Figura 42. Conformação da ferradura pelo ferrador (Freepik, 2020)

Há inúmeros tipos de ferraduras, com diferentes modelos, materiais e tamanhos. A maioria dos ferradores compram suas ferraduras prontas, ou seja, eles não realizam todo o processo de conformação. Contudo, como já foi dito anteriormente, os cavalos são únicos e seus cascos não irão necessariamente se encaixar na ferradura fabricada. Por isso, é imprescindível que o ferrador trabalhe essa ferradura de modo que ela fique perfeita para aquele casco.

É possível trabalhar as ferraduras tanto a frio quanto a quente com uma forja portátil. Apesar de a forja exigir um maior investimento, ela possibilita realizar o trabalho de conformação com menos esforço e em menos tempo, que pode ser essencial para ferradores que precisam realizar o casqueamento e o ferrageamento de todos os cavalos de um haras ou centro de treinamento em um curto prazo de tempo, por exemplo.

#### *2.2.2.4 O ferrageamento*

O ferrageamento só deve ser realizado quando for imprescindível, como por exemplo quando o desgaste é maior do que o casco pode suportar, quando faz parte do tratamento ou quando os cavalos precisam de ferraduras para tração. (CASTELIJNS, 2012)

O ferrageamento deve permitir o movimento e a elasticidade natural do casco (OGRADY; A POUPARD, 2003). Além disso, ele deve favorecer o crescimento do casco de modo a obter o melhor balanço. (LAROUSSE, 2016) Por exemplo, no caso de cascos pequenos com tendência de fechar, a ferradura deverá ser longa e colocada de modo a ultrapassar as laterais do casco para favorecer a expansão da muralha. (LAROUSSE, 2016)

A fixação da ferradura ocorre através dos cravos. É comum usar seis, sete ou oito cravos, de modo que o último seja na zona de curvatura máxima do casco (parte mais larga) porque além desse ponto o cravejamento impediria a expansão dos talões que, como foi dito em 1.2.1, é essencial para o amortecimento.

Os cravos precisam estar bem presos para que a ferradura não se solte com facilidade e para que não fique “batendo”, ou seja, parcialmente solta (situação em que um barulho característico é emitido). Além de estarem bem fixados, eles precisam estar na posição certa. Caso os cravos sejam fixados muito altos, eles podem ultrapassar o limite dos tecidos sensíveis e podem provocar ferimentos que, além de dor, podem fazer o cavalo coxear. Contudo, caso os cravos sejam fixados muito baixos ou na superfície, a muralha do casco poderá enfraquecer, criando rachaduras ou fendas. (LAROUSSE, 2016) Além da altura do cravo, é importante observar sua posição na sola. Eles devem ser cravejados na linha branca;

se forem cravejados na parte interna poderão atingir as áreas sensíveis do casco e na externa, poderão ficar mal fixados. (TRINDADE, 2011)

Outro ponto fundamental durante o ferrageamento é a escolha da ferradura. Não há um único tipo de ferradura que seja ideal para todos os cavalos e iremos discutir essas diferenças no tópico seguinte. (CASTELIJNS, 2012)

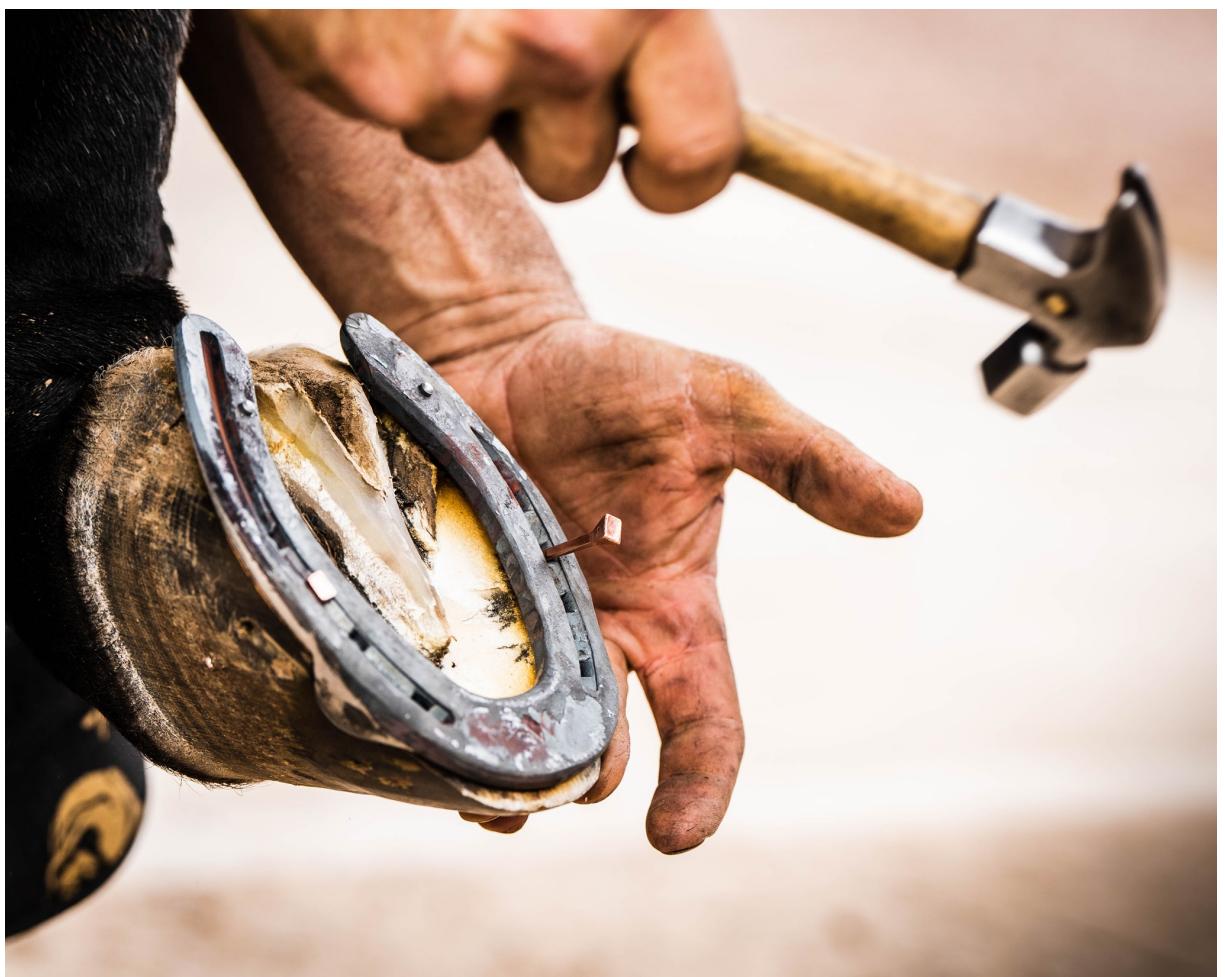


Figura 43. Cravejamento (Mustad Hoofcare, 2020)

## 2.3 Ferraduras e cravos

### 2.3.1 As Ferraduras

Como já foi dito anteriormente, os cavalos foram essenciais para a evolução humana e tiveram protagonismo na ascensão de poderosos impérios. Contudo, para percorrer grandes

distâncias e obter eficácia nas batalhas ou até mesmo para realizar os trabalhos mais comuns e rotineiros, proteger os cascos foi fundamental. (MARTÍN, 2014) (CHALLONER et al., 2014)

Além disso, a ferradura fornece uma melhor tração para que os animais se movimentem e são essenciais no tratamento de algumas doenças relacionadas ao casco com o ferrageamento terapêutico. (MARTÍN, 2014)

### *2.3.1.1 Um breve histórico das ferraduras*

Assim como aconteceu com várias invenções, é muito provável que as ferraduras tenham sido inventadas no mesmo período em diferentes nações. (RY DISTRICT VETERINARIAN ZIPPELIUS, 1891) As ferraduras não começaram com o formato que conhecemos hoje e a primeira menção a um objeto com a mesma função é em um poema romano do século I a.C. de Catulo, em que um burro “perdeu o calçado”. Já a ferradura de ferro foi mencionada pela primeira vez em 910 d.C. (CHALLONER et al., 2014)

As tribos mongóis da Ásia Central criaram o sapato de couro, “Stolleneisen”; os normandos, do atual norte da França, criaram os sapatos de ferro, “Griffeneisen”; os romanos criaram os sapatos de cura, “Kllreisen” para doenças nos cascos. Depois que cada nação cunhou seu tipo de ferradura, elas foram todas reunidas na Alemanha e, assim, surgiu a ferradura fina em forma de placa cobrindo todo o casco, sendo que algumas possuíam uma abertura no meio e que estão representadas pela Figura 44. (RY DISTRICT VETERINARIAN ZIPPELIUS, 1891)

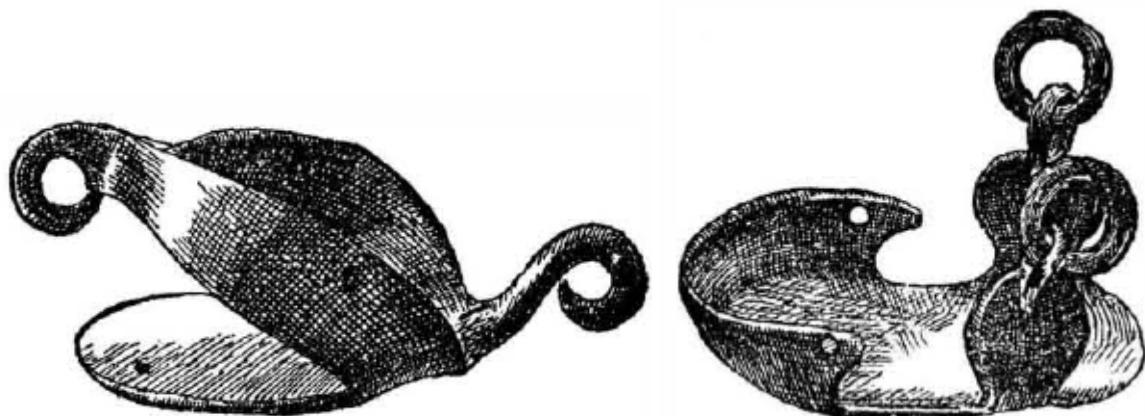


Figura 44. Primórdios da ferradura (Ry District Veterinarian Zippelius, 1891)

Desde então, as ferraduras foram mudando de acordo com a localidade, com suas condições de clima e solo e com o avanço da técnica. No início elas eram amarradas com cordas, mas o fato de machucarem e prejudicarem a movimentação, elas foram sendo substituídas por ganchos laterais e pregos para, então, o cravo que conhecemos hoje. Os formatos diferentes se disseminaram a partir da influência de povos vizinhos, cruzadas e outras guerras. (RY DISTRICT VETERINARIAN ZIPPELIUS, 1891) Todo esse processo caminhou lado a lado com o desenvolvimento da Metalurgia. (CHALLONER et al., 2014)

### *2.3.1.2 Os tipos de ferraduras*

De acordo com (MARTÍN, 2014), “cavalos diferentes precisam de diferentes tipos de ferraduras”. A sua escolha deve levar em consideração o formato e tamanho do casco do cavalo, o formato que ele deveria ter caso seja necessária uma correção, o segmento em que esse cavalo está inserido ou qual tratamento deverá ser realizado.



Figura 45. Diversos tipos de ferraduras (Mattheis Borg, 2016)

Edison Pagoto, médico veterinário, ferrador e professor da Universidade do Cavalo afirma que as ferraduras devem ser proporcionais aos cascos. Ele ainda diz que elas podem ser maiores que o casco se forem cortadas e adaptadas, mas cascos maiores nunca deverão ser adaptados a ferraduras menores. (BORTOLETTO; MARINS, 2019)

No Brasil há a presença de diversas raças de cavalos, as que se desenvolveram aqui e as de origem europeia e americana, sendo destinados a diversas modalidades e funções. De acordo com Luiz Gustavo Tenório, também médico veterinário, ferrador e professor da Universidade do Cavalo, o casco e, consequentemente a ferradura, também varia de acordo

com o ambiente, clima e manejo ao qual o animal é submetido. O formato dos cascos do cavalo europeu é maior, tem a pinça mais ampla e maior espaçamento entre os talões do que os do brasileiro; e os do cavalo americano, apesar de possuir a pinça parecida, não possui os talões tão fechados. Os cascos dos muares (burros e mulas) diferem dos equídeos (cabalos) porque aqueles possuem o casco mais estreito e comprido. Além disso, há diferença entre os cascos dos membros anteriores e posteriores, sendo que os posteriores têm formato mais ovalado que os anteriores, semelhante à letra “A”. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

Nos catálogos de ferraduras e casas agropecuárias é possível encontrar as ferraduras dos diversos tamanhos e para as várias modalidades.

As ferraduras destinadas ao hipismo (tanto para as modalidades de salto quanto para de adestramento) são projetadas com o objetivo de fornecer maior apoio aos cascos e, assim, gerar conforto e resistência para suportar os grandes impactos causados pelos movimentos. Para as corridas, o objetivo é facilitar o movimento em alta velocidade, então as ferraduras são mais leves, o que faz com que também sejam utilizadas outras modalidades em que o cronômetro é o parâmetro principal. (FERRADURAS BRASIL, 2018)

As ferraduras de trabalho, dedicadas às modalidades *western* (como três tambores, laço, apartação, rédeas e working cow horse nas patas anteriores, ranch sorting, etc) e às provas funcionais do cavalo crioulo, possuem um desenvolvimento tecnológico maior porque os cavalos precisam realizar manobras em alta velocidade, paradas bruscas e lidar com o gado, fator que acarreta em movimentos imprevisíveis. (FERRADURAS BRASIL, 2018)

Para a realização de provas de marcha, as ferraduras leves são utilizadas na maioria das vezes, porém, dependendo do tipo de andamento e movimentação desejados, pode-se também utilizar ferraduras mais pesadas. As dedicadas a cavalgadas e lazer são desenhadas para proporcionar maior apoio e tração ao casco, o que a torna ideal para passeios de longas distâncias e movimentação em terrenos montanhosos, promovendo maior conforto ao animal. (FERRADURAS BRASIL, 2018)

Para a atrelagem, a escolha depende do tipo de prova esportiva: são utilizadas as ferraduras de tração no caso de cavalos pesados, ou de trote, no caso de cavalos leves. As ferraduras dedicadas a muares também são desenvolvidas para as provas de trabalho, de marcha, cavalgadas ou lazer. (FERRADURAS BRASIL, 2018)

Há também ferraduras com o design um pouco ou muito diferentes das anteriores. A ferradura de esbarro, por exemplo, é essencial nas provas de rédeas, *working cow horse* e laço nos posteriores dos animais para que efetuem a parada com maior eficiência, principalmente a manobra do esbarro. Essa manobra consiste em um aumento crescente de velocidade em linha

reta, acabando em um parada súbita em que o cavalo desliza os posteriores e movimenta os anteriores.

As ferraduras ortopédicas, coração (*heart bar*), oval (*egg bar*) ou barra reta (*straight bar*), são aplicadas de acordo com a orientação de um ferrador profissional ou de um veterinário para o tratamento terapêutico dos cascos. (FERRADURAS BRASIL, 2018)



Figura 46. Ferraduras especiais ortopédicas (Mattheis Borg, 2016)

O talonete e a palmilha são feitos de polímeros de alta resistência e são utilizados para proteção e para a correção de aprumos, sendo a maior diferença entre eles o amortecimento de impacto proporcionado pelo segundo. (FERRADURAS BRASIL, 2018)



Figura 47. Talonete e palmilha (Mattheis Borg, 2016)

### *2.3.1.3 A engenharia da ferradura*

Para o desenvolvimento de uma ferradura é necessário saber qual é o tamanho e formato do casco que, como vimos, varia com a espécie (equinos e muares), com as raças, localização geográfica, ambiente ao qual o cavalo é exposto e a sua finalidade.

Contudo, saber a sua finalidade não é suficiente, pois devemos saber também quais esforços serão gerados no casco e qual design e material da ferradura será capaz de proporcionar maior conforto e eficiência.

As ferraduras possuem as craveiras e a cobertura e suas regiões podem ser divididas em pinça, mamilo, quarto e talão, de acordo com a imagem abaixo.

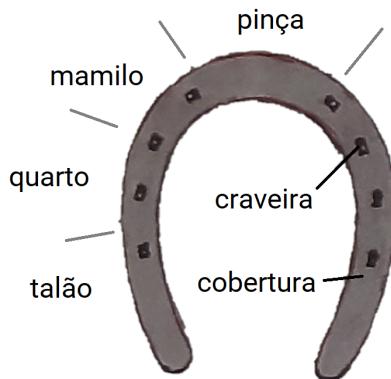


Figura 48. Partes da ferradura (Larousse, 2016)

### 2.3.1.3.1 O Projeto

O crescimento do casco durante o período ideal de casqueamento (que não pode ser maior que oito semanas na maioria dos casos) varia de 0,9 até 1,0 cm e isso deve ser levado em conta durante o projeto da ferradura. Para cavalos de corrida, por exemplo, as ferraduras poderão ter até 1,8 cm de espessura e, quando elas possuírem dispositivos que ajudam na tração, elas poderão ter até 2,8 cm de espessura sem alterar os parâmetros de ferrageamento. (MARTÍN, 2014)

A passada do cavalo ocorre com dois pés sempre em contato com o solo. Quando dois membros opostos estão no solo (por exemplo, o dianteiro direito e o traseiro direito), os outros dois estão no ar, tendo o comprimento médio da passada de 5,5 a 6,5 pés (aproximadamente 2 m). (D.V.M., 1999) A distância que um cavalo é capaz de percorrer depende de diversos fatores, mas ao considerar um cavalo pastando, a distância estimada é de 20 km por dia. (MARTÍN, 2014)

De acordo com a Equação 1 abaixo, ao andar 20 km por dia durante 8 semanas, o cavalo realiza aproximadamente 600.000 passadas.

$$\frac{20.000 \text{ m}}{1 \text{ dia}} \times \frac{1 \text{ passada}}{2 \text{ m}} \times \frac{56 \text{ dias}}{8 \text{ semanas}} = \frac{600.000 \text{ passadas}}{8 \text{ semanas}}$$

Equação 1

A carga mais crítica nos cascos é quando o cavalo desempenha uma atividade de alta performance e, por isso, a ferradura deve suportar 1,7 vezes o peso do animal. (MARTÍN,

2014) Então a força total realizada em um cavalo de 550 kg nessas condições é de 5,39 kN, ou de 1,35 kN por membro. Assim, cada farradura deveria suportar 2,29 kN.

Outras variáveis a serem consideradas no projeto é o design da farradura. Luiz Gustavo Tenório é também consultor técnico da Mattheis Borg, do Grupo MUSTAD e explica que alguns elementos presentes na farradura proporcionam maior tração como o friso (ou riga), rebaixamento na parte interna e rampão. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

O rampão é um importante elemento de tração que pode ser fixo ou rosqueado na farradura, e possui diferentes tamanhos e formas. (D.V.M., 1999) Para colocar os rampões rosqueados, usa-se técnicas diferentes, podendo ser a quente ou com uma furadeira de bancada. Os rampões cônicos são ideais para pisos de grama, principalmente quando molhado, proporcionando maior afundamento e tornando a movimentação mais macia para o animal. Os rampões grandes, independente do formato, possuem a mesma aplicabilidade que os cônicos e os menores, sejam cônicos ou retangulares, são utilizados nos pisos de areia. Em pisos sintéticos o uso desses dispositivos é dispensável, já que por si só eles promovem muita tração, então o rampão pode acabar atrapalhando o movimento. Os rampões são colocados na região do final do casco, bem no centro da farradura, na lateral externa e, na interna, um pouco deslocado para dentro a fim de evitar acidentes durante as curvas. Uma prática comum é o uso de um terceiro ou quarto furo de rampão também para evitar esses acidentes. A grande vantagem do rampão rosqueado é que ele somente é colocado quando for necessária a tração. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

Os rampões fixos (ou “de cravar”) são peças que possuem uma base fina e uma cabeça maior, de vários tamanhos, que serão inseridas nos furos com uma marreta, seguindo a mesma lógica dos rampões rosqueados. Caso seja inserido um rampão fixo grande, é necessário a inserção de um outro com tamanho intermediário nos terceiro e quarto furos para que não haja uma mudança muito acentuada da angulação do casco. Seu uso, além de proporcionar maior tração, aumenta a durabilidade da farradura e diminui o risco de derrapagem em pisos mais duros (como asfalto ou concreto). (TENÓRIO; MARINS, 2019)

O uso dos rampões é comum em cavalos de enduro, mas também está presente quando os animais trabalham em pisos instáveis, como ocorre em salto, adestramento e até mesmo em cavalos de lida. (TENÓRIO; MARINS, 2019) Além disso, o rampão também é utilizado como um elemento para o ferrageamento ortopédico.

As farraduras possuem outros elementos de tração como friso (ou riga) ao longo de sua extensão e rebaixamento na parte interna, onde a areia se acumula, que são utilizados na

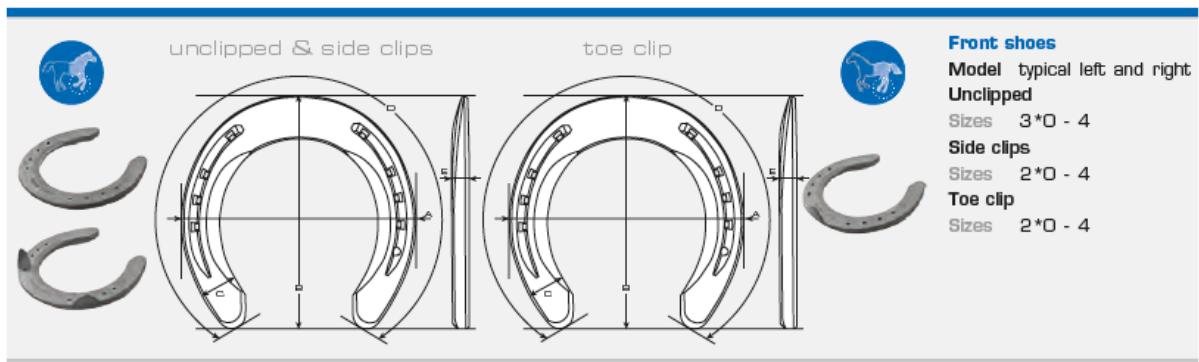
corrida ou em modalidades de cronômetro, fornecendo a tração para alcançar alta velocidade, ou para animais que trabalham em terrenos instáveis. Quando a tração não é necessária, como no caso de cavalgadas e passeios, por exemplo, o friso só existe na região dos cravos. Já no caso da ferradura de esbarro, não há nenhum friso, para que isso não atrapalhe a manobra. Além de proporcionar tração, o friso protege a cabeça do cravo do desgaste, permitindo que a ferradura permaneça fixada por tempo suficiente até o próximo ferrageamento.

A largura da ferradura é muito importante para sustentar o peso do cavalo e também para proporcionar movimentos diferentes, como no caso da ferradura de esbarro. Além disso, seu desenho, formato e espessura alteram na performance e vários desses elementos podem ser modificados pelo ferrador no momento da conformação antes do ferrageamento. (MARTÍN, 2014)

Outro fator importante do projeto da ferradura envolve os furos para os cravos. Os orifícios na borda externa da ferradura não possibilitam uma fixação segura e podem causar rachaduras ou até quebrar a parede do casco e, na borda interna, podem danificar o interior do casco. Portanto, o ideal é que eles fiquem no centro, entre as bordas interna e externa. (MARTÍN, 2014)

Com o intuito de proporcionar equilíbrio na movimentação dos cavalos foi produzida a primeira ferradura no mundo com base em dados de pesquisas de biomecânica, a Equi-Librium® da Mustad. (BORTOLETTO; MARINS, 2019) O seu design foi feito por Christoph Müller, engenheiro, ferrador e representante de vendas da Alemanha com base no resultado de uma pesquisa científica da Universidade de Utrecht, na Holanda. As principais mudanças no seu design fornecem maior bem estar e rendimento e seu uso pode ser feito por qualquer cavalo que precise realizar mudanças rápidas de direção. (MUSTAD, 2020) A principal diferença é na pinça que foi alargada, iniciando-se na parte mais larga do casco, perto da altura do terceiro furo, já que é nessa região do casco que está o centro de rotação, o ponto zero. Esse é o ponto de equilíbrio, em que as forças de ação do tendão flexor profundo e de ação do extensor comum do dedo são anuladas, e ao aumentar a região da pinça na ferradura, as mudanças de direção são facilitadas. Contudo, ao aumentar a área de apoio na pinça ocorre uma perda de tração, que é compensada pela concavidade nos ramos da ferradura (parte interna), diminuindo a área de contato com o solo. Além disso, a parte dos talões da ferradura possuem formato de bisel, arredondados, para facilitar a aterrissagem, tornando o

movimento mais sutil. O estudo, que durou seis semanas, mostrou que houve aumento de elevação e amplitude da passada em mais de 30% e proporcionou um crescimento uniforme do casco, já que a ferradura proporciona um equilíbrio de todo o estojo córneo, evitando assim as deformidades comuns no crescimento de pinças e talões. (TENÓRIO; MARINS, 2019)



Dimension tables

#### Front unclipped & side clips

Size	A	B	C	D	E
3*0	124	124	21	335	8.9
2*0	128	128	21.5	350	9.1
0	135	135	22	365	9.3
1	142	142	22.5	380	9.5
2	148	148	23	395	9.7
3	156	156	23.5	415	9.9
4	164	164	24	440	10.1

#### Front toe clip

Size	A	B	C	D	E
2*0	123	126	21.5	330	7.5
0	129	132	22	343	7.5
1	136	139	22.5	362	8
2	141	145	23	381	8
3	147	151	23.5	400	8.5
4	153	157	24	419	9



These horseshoes are also available on request with stud holes: 3/8", M10 or M12.

Figura 49. Especificações técnicas da ferradura Equi-Librium® da Mustad (Mustad, 2020)

### 2.3.1.3.1 Os Materiais

Como já foi citado anteriormente, as ferraduras já foram feitas e testadas em diversos materiais, inclusive couro, borracha vulcanizada e até de papel machê comprimido e, apesar de hoje as ferraduras mais comuns serem de aço e alumínio, ainda existem as de cobre, titânio, borracha ou plástico. (CHALLONER et al., 2014)(MARTÍN, 2014)

A escolha do material é importante por diversos fatores. O casqueamento precisa ocorrer a cada oito semanas, no máximo, sendo seis o valor médio. Como não é benéfico trocar a ferradura antes do período de casqueamento para não enfraquecer a muralha do casco fazendo furos próximos aos anteriores, a ferradura deve aguentar o período máximo de oito semanas. Além disso, é importante que o material seja flexível a ponto de permitir a movimentação natural de expansão e contração. Portanto, o material escolhido deverá apresentar boa resistência ao desgaste, flexibilidade e também características antiderrapantes.

(MARTÍN, 2014) Contudo, o fato de ser possível fazer uma ferradura com as características físicas necessárias não é suficiente, é necessário verificar a disponibilidade desse material na região, a presença de fornecedores e a aceitação do mercado.

Na Idade Média, a obtenção de minério de ferro e o processo de forjamento para a produção de ferraduras era um luxo justificado somente pela necessidade de proteger os cascos de cavalos de alto valores, especialmente os cavalos utilizados na guerra, que poderiam custar tanto quanto uma fazenda. (CASTELIJNS, 2012) Contudo, hoje o aço forjado possui um valor bem mais acessível, sendo o material mais econômico de proteção para cascos, característica que junto com a disponibilidade no mercado e a durabilidade, faz com que seja o material mais utilizado nas ferraduras. (MARTÍN, 2014)

O alumínio, que apesar do valor mais elevado, principalmente pelo gasto de energia em sua obtenção, vem ganhando mercado por causa da crença de que ferraduras mais leves poderiam melhorar a movimentação dos cavalos, principalmente a ação dos anteriores. Este material é utilizado em liga, já que o alumínio puro é muito macio para usar em ferraduras. Uma de suas principais características são seu menor peso, sua maior absorção de impacto e a não reação quando em contato com componentes da urina, como amônia. (MARTÍN, 2014)

Há diversos estudos que mostram a diferença do uso entre o alumínio e o aço e o efeito de seu peso no casco dos cavalos, mas o assunto divide a opinião dos especialistas. Um deles indica que as crenças comuns de que as ferraduras de alumínio resultam em passadas maiores e maior suspensão dos cascos não são sustentadas a longo prazo, sendo que as diferenças foram sentidas somente nos dias logo após o ferrageamento. (HUGUET; DUBERSTEIN, 2012)



Figura 50. Ferraduras de aço à esquerda e de alumínio à direita (Mustad, 2020; St. Croix Forge, 2020)

Luiz Gustavo Tenório, médico veterinário e especialista em biomecânica explica que existe uma falsa impressão de que o peso das ferraduras afeta a movimentação do cavalo

porque, na verdade, é a espessura que causa essa modificação na dinâmica da locomoção. Como a sola do casco possui as células nervosas responsáveis pela propriocepção (percepção espacial e equilíbrio), o tato é percebido pelo contato da sola com o chão. Assim, quanto menor for a espessura da ferradura, mais próximo a sola está do chão e maior será a propriocepção. A diferença de 4 mm de espessura entre, por exemplo, uma ferradura leve (com 6 mm) e uma ferradura pesada (com 10 mm) pode parecer pouca, mas faz muita diferença para o animal. A diferença de espessura também pode afetar outros parâmetros como por exemplo o deslocamento do centro de gravidade para trás quando há elevação dos cascos anteriores causado por uma ferradura mais espessa, sendo que isso causa movimentação diferente. (TENÓRIO; MARINS, 2019) Com isso, percebemos que a densidade do material não afeta a movimentação do cavalo, mas ela está relacionada com o volume e, consequentemente, com a espessura da ferradura.

No entanto há outras diferenças entre os materiais que causam, sim, percepções diferentes no animal. A ferradura de alumínio, por exemplo, possui uma maior absorção de impacto, o que causa uma menor vibração no casco do cavalo, enquanto a de ferro ou aço vibram mais. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

Como já foi dito nos parágrafos anteriores, há grande diferença entre os valores dependendo do material. (MARTÍN, 2014) No Brasil uma ferradura de alumínio pode custar mais que o dobro do que uma ferradura de aço. Esse fator é muito importante dependendo de qual será a aplicação da ferradura: para animais de esporte, principalmente os atletas de alta performance, o valor não afeta tanto quanto para um animal utilizado para o apoio de atividades agropecuárias. De acordo com (MAPA, 2016), em 2014 haviam 3.900.000 animais dedicados para a lida, principalmente relacionados com gado de corte. Contudo esses animais recebem poucos cuidados e possuem um custo de manutenção muito baixo, o que faz com que o valor da ferradura seja significativo. No estudo (MAPA, 2016) o custo de manutenção de um cavalo atleta é 70 vezes maior que o custo de um cavalo de lida e seu número é bem menor, um total de 1.100.000 de cavalos de esporte e lazer no Brasil.

### 2.3.1.3.3 O Processo de fabricação

Existem basicamente três tipos de processos para fabricação de ferraduras.

A técnica forjada, por ser muito cara, é realizada apenas nos Estados Unidos e na Europa, e as ferraduras produzidas a partir desse método são importadas para o Brasil (ainda não há demanda o suficiente no mercado nacional para que o investimento tenha retorno). Nesse processo, uma folha de metal de 8 a 10 mm de espessura passa por uma prensa de 2k a 3k toneladas, as quais são responsáveis por imprimir sua forma na ferradura.

Com isso, é possível obter peças com poucos defeitos, contudo a velocidade de produção é menor e o custo é maior.

Há poucas fábricas que utilizam a barra côncava, sendo que a grande maioria está presente na Inglaterra. O processo usa um aço mais grosso e flexível para fazer suas ferraduras.

O processo mais comum é uma sequência de conformação metálica a partir de uma barra chata. Esse processo está presente nas fábricas brasileiras e é mais barato, mais rápido, porém apresenta mais defeito. A barra de 5 a 10 mm de espessura e de 0,5 a 1" de largura passam por uma estampagem para realizar o corte. Em seguida, as barras cortadas passam por um forno de indução com temperaturas entre 800 e 900 °C para depois seguirem para outro processo de estampagem responsável por realizar o friso e os furos. As barras com frisos e furos passam, então, pelo processo de dobramento para deixar a peça com o formato de ferradura. Por último, uma prensa dupla dá o acabamento final.

A maior fábrica de ferraduras do Brasil é a Mattheis Borg, que fica em Petrópolis (RJ). Ela pertence ao Grupo Mustad, líder absoluto em vendas de produtos para o cuidado dos cascos.



Figura 51. Complexo industrial da Mattheis Borg (Grupo Mustad), com operações administrativas e industriais (Acontece, 2015)

### 2.3.2 *Os cravos*

Os cravos, como mostra o poema da epígrafe, são de suma importância para a fixação das ferraduras e seu estudo é igualmente necessário.



Figura 52. Cravos para ferradura do tipo Mustad E (Mustad, 2020)

Durante o cravejamento, colocação dos cravos, é importante que eles sejam posicionados formando um ângulo reto com o casco, já que a trajetória curva vai ser

proporcionada pelo seu formato. Somente é permitido inclinar os cravos em casos especiais quando a parede do casco também for inclinada. (MARTÍN, 2014) Nesse momento é importante verificar se o cravo é adequado para a ferradura porque além do risco de o encaixe não acontecer perfeitamente, podendo acarretar na perda da ferradura, pode ocorrer a degola do pescoço ao tentar fazer o encaixe a força, fazendo com que o corpo do cravo fique dentro da muralha do casco. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

Após a fixação, as pontas dos cravos que saíram pela muralha precisam ser removidas e aparadas para que não machuque o próprio cavalo e nem as pessoas que manuseiam seus cascos. Para isso, as pontas são cortadas com uma turquês e o que sobra é dobrado pelo jacaré a fim de ficar em formato de L. Com a grossa, remove-se o resto do cravo tanto na seção cortada quanto nas bordas, onde ocorre o acúmulo do material retirado pela própria grossa. Novamente utiliza-se o jacaré, dobrando esse último pedaço para dentro, embutindo-o na parede do casco. Para o acabamento final uma lixa é passada por cima até que seja possível passar a mão e não sentir mais a presença dos cravos. (GABRILAITIS; MARINS, 2019)

### *2.3.2.1 Um breve histórico dos cravos*

Como vimos na história das ferraduras, no início elas eram fixadas com pregos e há evidências que demorou muito tempo para que fossem usados cravos com a cabeça em forma de cunha. Foram encontrados pregos feitos de ferro para segurar ferraduras em 500 a.C, usados pelos celtas na Grã-Bretanha.

Inicialmente, os cravos eram feitos de maneira artesanal até que, em meados de 1700 e início de 1800, eles começaram a ser produzidos em uma variedade de máquinas com ferro ou aço aquecido. (KLEIST, 2020) A introdução de máquinas dedicadas a essa produção revolucionou o mercado, permitindo a produção em massa de cravos. (MARTÍN, 2014)

### *2.3.2.2 Os tipos de cravos*

Os cravos são homogêneos e, para entender os tipos de cravos existentes, é preciso observar que eles possuem três regiões: cabeça, pescoço e haste, como pode-se observar na figura 52.

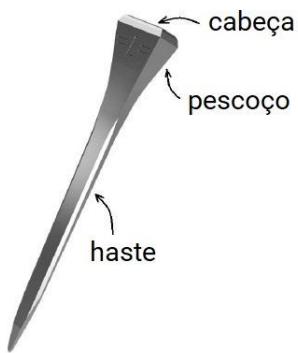


Figura 53. O cravo (Martín, 2014)

Existem, basicamente, três modelos de cravos: E, RH e CH, sendo que cada um possui vários tamanhos. Cada modelo possui um formato diferente, adequado para tipos e tamanhos diferentes de ferradura, além de tamanho e qualidade diferentes dos cascos. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

O cravo do tipo RH possui o corpo mais estreito e o menor tamanho (em média, 40 mm) e é utilizado em ferraduras com perfil mais estreito como no caso das ferraduras de alumínio, ferraduras de perfil leve (com 6 a 7 mm de espessura) e até mesmo para as ferraduras de esbarro, que precisam ter a superfície lisa e encaixe perfeito do cravo (já que não possui friso). Além disso, por sua delicadeza, podem ser utilizados em cavalos cuja parede do casco é mais fina. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

O modelo intermediário é o cravo CH, com a cabeça um pouco maior, o pescoço um pouco mais volumoso e a ponta (guia) parecida com o tipo RH. Esses cravos possuem de 45 a 50 mm de comprimento e a principal aplicação é em ferraduras comuns que podem ser usadas em todas as modalidades. (TENÓRIO; MARINS, 2019).

No outro extremo está cravo E, ou do tipo Europeu, com pescoço mais longo e comprimento de 41 a 77 mm. Dentro dessa categoria há variações como no caso do *cave*, em que o pescoço possui uma curvatura responsável por proporcionar maior encaixe e facilitar que o cravo realize sua trajetória curva, dando mais segurança com relação a altura que ele irá atingir dentro do casco. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

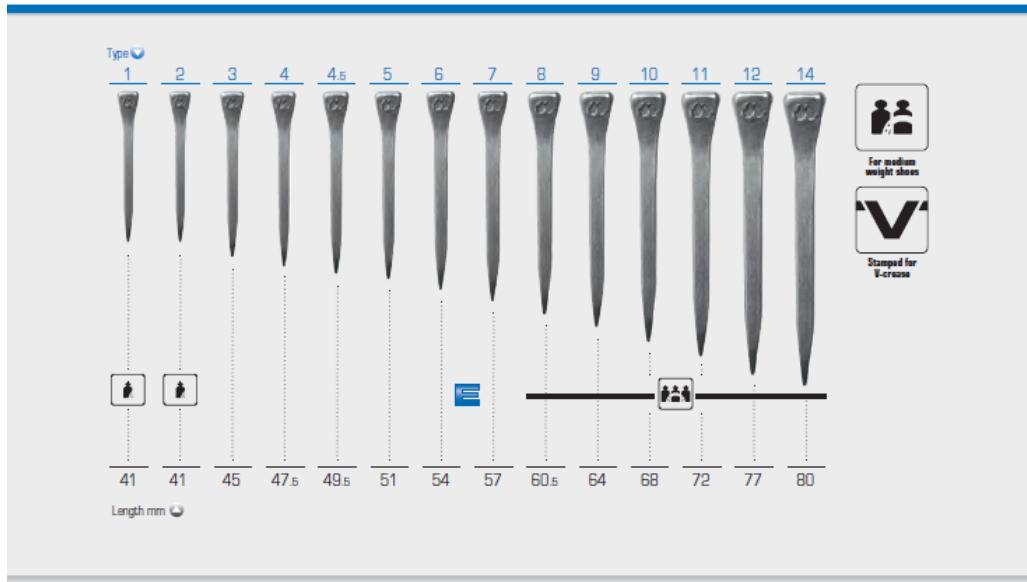


Figura 54. Especificações técnicas dos cravos do tipo Mustad E (Mustad, 2020)

### 2.3.2.3 A engenharia dos cravos

As ferraduras são desenvolvidas para um modelo específico de cravos, sejam elas feitas industrial ou artesanalmente. (TENÓRIO; MARINS, 2019) A engenharia por trás do desenvolvimento do cravo deve levar em conta a engenharia da própria ferradura, o formato que possibilite a trajetória curva dentro do casco, além de possibilitar uma resistência durante o cravejamento, principalmente de modo a evitar falhas na região do pescoço, região de maior criticidade.

#### 2.3.2.3.1 O Projeto

O cravo, mais especificamente sua cabeça, deve ter o encaixe perfeito no furo da ferradura, para evitar que seja colocado na posição incorreta, o que pode acarretar na perda da ferradura ou em uma lesão no casco. No design dos cravos em geral, é importante que sua cabeça seja estreita e suficiente na parte superior para que o desgaste com solo não cause a perda da ferradura. O pescoço deve ter a largura correta para encaixar nos furos de modo a evitar o risco de cisalhamento. A haste, por sua vez, deve ter comprimento suficiente para ser fixado no casco sem danificar sua parte interna. (MARTÍN, 2014)

Na ponta há a chamada guia, que é uma inclinação responsável por orientar a trajetória do cravo dentro do casco de modo a fazer uma curva e atravessar a muralha. Os cravos de boa qualidade possuem a "tatuagem", uma marcação do lado oposto da guia, para facilitar a sua

identificação e, assim, garantir que seja colocado na ferradura da maneira correta. (TENÓRIO; MARINS, 2019)

#### 2.3.2.3.2 Os Materiais

A maioria dos cravos são feitos de aço forjado, mas ainda existem cravos de cobre. Por causa das propriedades bactericidas desse metal, os cravos de cobre são utilizados em cavalos com paredes de casco fragilizadas ou que tenham reincidência de algumas doenças como brocas, abcessos e até mesmo a doença da linha branca. Eles existem tanto no formato E quanto no RH. (TENÓRIO; MARINS, 2019)



Figura 55. Caixa de cravos de cobre (Mustad, 2020)

#### 2.3.2.3.3 O Processo de Fabricação

Há, basicamente, três processos de produção de cravos: laminação, forjamento e estampagem.

No processo de laminação a frio, desenvolvido no final de 1800, o produto inicial semi-acabado é um fio de seção transversal específica que passa por um conjunto de oito matrizes de rolos consecutivos. O processo é gradual, formando primeiramente a haste, depois o bisel e a ponta e, por último, a cabeça.

O processo de forjamento é mais rápido que o de laminação e ocorre através de uma máquina de forjamento rotativo a frio (chamado “swage”) a qual é alimentada por um fio de seção transversal específica. Esse fio passa por um conjunto de martelos, formando a haste e, depois, eles são alimentados em uma máquina diferente para fazer as cabeças e as pontas.

Na estampagem, os cravos são feitos a partir da chapa de metal. Uma matriz complexa, gradualmente, forma o cravo inteiro, que é cortado da chapa no final. Para que o produto tenha as propriedades metalúrgicas necessárias, é preciso realizar tratamento térmico a fim de aliviar as tensões.

## **2.4 Do ponto de vista da Metalurgia**

### ***2.4.1 Desgaste e atrito***

As características de desgaste e atrito dos materiais não são propriedades intrínsecas, ou seja, elas dependem de uma série de variáveis, como propriedades físicas, químicas e mecânicas do material, das superfícies e do ambiente. (BRANDES; BROOK, 1992)

#### **2.4.1.1 Desgaste**

O desgaste pode ser definido como a perda progressiva de substância da superfície de um corpo que ocorre devido ao movimento relativo na superfície. No caso da remoção de material causado por partículas duras ou protuberâncias, o desgaste que ocorre é do tipo abrasivo. (BRANDES; BROOK, 1992) O desgaste abrasivo ocorre quando, durante o processo de fricção, a superfície do material abrasivo é mais dura do que a do material de desgaste. (KHRUSCHOV, 1974)

As taxas de desgaste abrasivo e a resistência relativa ao desgaste (definida como a razão entre o desgaste de um material de referência e do material de teste) variam significativamente para abrasivos de tamanhos, formatos e durezas diferentes. As taxas de desgaste aumentam quase linearmente com o aumento da carga aplicada por unidade de área e a resistência ao desgaste usualmente aumenta à medida que aumenta a dureza do material (exceto quando ele é endurecido por deformação plástica anterior). (BRANDES; BROOK, 1992)

A Equação 2, de Archard, define a taxa de desgaste ( $Q$ ) gerada pelas partículas abrasivas que atuam no sistema da seguinte maneira:

$$Q = K \frac{F_N}{H}$$

Equação 2

A taxa de desgaste ( $Q$ ) pode ser interpretada como o volume de material removido por unidade de distância de deslizamento ( $\frac{mm^3}{m}$ ). A constante adimensional  $K$  representa a severidade do desgaste e é sempre maior que 1, sendo que quanto maior for esse coeficiente, maior será a taxa de desgaste. Por fim,  $F_N$  é a força normal aplicada ao sistema e  $H$  é a dureza do material desgastado. (COZZA, 2006)

O desgaste abrasivo pode ser evitado com o uso de materiais ou revestimentos resistentes à abrasão, com prevenção da intrusão de grãos duros ou mudança de design. (KHRUSCHOV, 1974)

#### 2.4.1.2 Atrito

O atrito entre dois corpos, geralmente, é definido como a força que age entre as superfícies de contato deles como uma resposta de resistência ao deslocamento um sobre o outro. Além disso, sabe-se que o deslocamento só é possível graças ao atrito.

A força de atrito ( $F$ ) pode ser descrita pela Equação 3 a seguir:

$$F = \mu W$$

Equação 3

Sendo que  $F$  é a força necessária para iniciar o movimento,  $W$  é a força normal ao corpo e  $\mu$  é o coeficiente de atrito. A força de atrito entre os corpos é proporcional à força normal entre suas superfícies e é independente da área de contato. (BRANDES; BROOK, 1992)

### **2.4.1 Corrosão**

A corrosão é um processo espontâneo que ocorre quando há interação entre o metal e o meio em que ele está inserido, acarretando na deterioração de suas propriedades. (MELO, 2020)

A corrosão galvânica (ou bimetálica) ocorre quando dois metais com diferentes potenciais de corrosão são colocados em contato elétrico em um mesmo eletrólito. Quando há esse contato, o metal menos nobre (mais reativo) passa a ser polarizado anodicamente, o que aumenta o seu potencial de corrosão e ele passa a corroer mais rápido do que se estivesse fora desse ambiente e o metal mais nobre (menos reativo), ao contrário, passa a corroer mais lentamente.

Um eletrólito é uma solução aquosa capaz de transportar íons e pode se formar em ambientes com elevada umidade.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Materiais

##### 3.1.1 Ferraduras de aço (leves)

Foi obtido um jogo novo de ferraduras de aço, contendo um par de ferraduras traseiras e um par de ferraduras dianteiras, da marca Equipo, modelo 3NG, tamanho nº 3. Ele foi comprado na casa agropecuária Agrototal (matriz), em São Paulo (SP), pelo valor de R\$ 45,00. Por conta de sua espessura, tais ferraduras são denominadas como leves.



Figura 56. Ferraduras de aço (leves) utilizadas no experimento

Essas ferraduras foram pregadas no cavalo Amarillo Del Rancho de 9 anos, da raça Quarto de Milha e de propriedade de Rafaela Cristina Baldy Martins. O casqueamento e ferrageamento do Amarillo ocorreu no dia 12 de dezembro de 2020, como pode ser observado na Figura 57.

Apesar de o Amarillo ser um atleta das modalidades de Rédeas e *Working Cow Horse*, ele estava de férias no Rancho Master nesse período. Assim, não foram utilizadas ferraduras de esbarro em suas patas traseiras e ele teve contato somente com o pasto (terra e capim), o caminho de cimento e a “cama” (cobertura do solo da cocheira) de serragem, ao invés da areia da pista que teria se estivesse durante o período de treinos. As ferraduras foram removidas após 45 dias de uso, no dia 27 de janeiro de 2021.



(A)



(B)



(C)

Figura 57. Ferrageamento do Amarillo Del Rancho (A) Ferrageamento da pata anterior esquerda (B) Remoção de ferradura de esbarro na pata posterior esquerda (C) Ferrageamento da pata posterior esquerda com a ferradura de aço leve utilizada para este experimento

### 3.1.2 Ferraduras de aço (pesadas)

Durante visita ao Regimento de Polícia Montada 9 de Julho do Estado de São Paulo, o Sargento João Silva, responsável pela Ferradaria, nos forneceu uma ferradura nova da marca FB nº 5 e outra usada nº 6. A ferradura usada fornecida permaneceu por 30 dias no cavalo da Polícia Militar.

Os cavalos do Regimento são utilizados em operações especiais rurais e urbanas no controle de tumultos e missões especiais e de representatividade. Os cavalos cujas ferraduras tinham acabado de ser removidas, de onde veio a amostra utilizada neste trabalho, operou na cidade de São Paulo e transitou por ruas asfaltadas. Por causa disso, as ferraduras utilizadas nos cavalos do Regimento possuem maior espessura e são denominadas de ferraduras pesadas.



(A)



(B)

Figura 58. (A) Cavalo Otelo na Ferradaria do Regimento de Polícia Montada 9 de Julho do Estado de São Paulo  
(B) Para dianteira esquerda de Otelo com ferradura após 30 dias de uso

Quando as operações envolvem trajetos com piso com superfície escorregadia, como os do centro da cidade de São Paulo que são revestido por pedra-sabão, utiliza-se ferraduras embrorrachadas cujo interior é composto por uma ferradura de aço, como é possível observar na Figura 59.



Figura 59. Ferraduras embrorrachadas para uso em superfícies escorregadias

### **3.1.3 Ferraduras de aço (esbarro)**

O par de ferraduras de esbarro foram utilizadas nos posteriores do Amarillo Del Rancho em abril de 2017. Esse tipo de ferradura é específico das modalidades de rédeas e *working cow horse* para possibilitar a realização da manobra “esbarro”.



(A)



(B)



(C)

Figura 60. (A) Conformação final da ferradura de esbarro (B) Ferraduras de esbarro (C) Ferrageamento da pata posterior esquerda do Amarillo Del Rancho com a ferradura de esbarro

O ferrageamento, que pode ser observado na Figura 60, foi realizado durante o 27º Congresso da ABQM (Associação Brasileira do Cavalo Quarto de Milha) em Avaré (SP), contudo não há registro de quando as farraduras foram removidas. Esse par foi confeccionado a partir de uma barra de aço pelo ferrador conhecido como “Marreta”. Assim, também não é possível saber quais eram suas medidas antes do uso para comparar.

O treinamento de um cavalo de rédeas compreende a realização de cerca de uma hora de exercícios como círculos a passo, trote e galope, spins (em que o cavalo gira mantendo os posteriores parados), esbarros, além de outras manobras. O esbarro consiste em um movimento retilíneo uniformemente acelerado com uma parada súbita em que o cavalo movimenta somente as patas dianteiras, enquanto as traseiras permanecem fixas, deslizando sobre a camada de areia da pista.

A competição se configura com um percurso de aproximadamente 5 minutos contemplando várias manobras, incluindo o esparro, que pode ser visto na Figura 61. Tanto o treino quanto a competição ocorrem em pistas de areia. Também podemos observar o par das mesmas farraduras de esbarro após o uso na Figura 62.



Figura 61. Fotografia de Gerson Verga da manobra esbarro performada por Amarillo Del Rancho conduzido por Rafaela Baldy



Figura 62. Par de ferraduras de esbarro utilizadas pelo Amarillo Del Rancho em 2017 e analisadas neste trabalho

### ***3.1.4 Ferraduras de alumínio***

Um jogo de ferraduras de alumínio, também com um par traseiro e um dianteiro, foi comprado na casa agropecuária Agrototal (filial Jockey Club), em São Paulo (SP), pelo valor de R\$ 110,00. O jogo adquirido é da marca St. Croix Forge (Mustad), modelo Turf Plate, tamanho nº 6. A numeração das ferraduras de alumínio é diferente das de aço, sendo o nº 6 de alumínio equivalente ao nº 3 de aço.



Figura 63. Jogo de ferraduras de alumínio utilizadas no experimento

### 3.1.5 Cravos

Os cravos foram comprados na casa agropecuária Agrototal (matriz), em São Paulo (SP), pelo valor de R\$ 0,35 a unidade.



Figura 64. Cravos de aço utilizados no experimento

A caixa não contém o modelo nem a marca do produto, mas a loja informou que se trata de um cravo da Mattheis Borg (Mustad). Ao consultar a essa empresa pode ser confirmado que o material em questão é um produto antigo que já saiu de linha e provavelmente está sendo vendido por estar disponível no estoque do vendedor.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 Ferraduras de aço (leves)

As ferraduras foram medidas para obter a espessura, largura, comprimento total e maiores comprimentos horizontal e vertical, de acordo com a Figura 65.

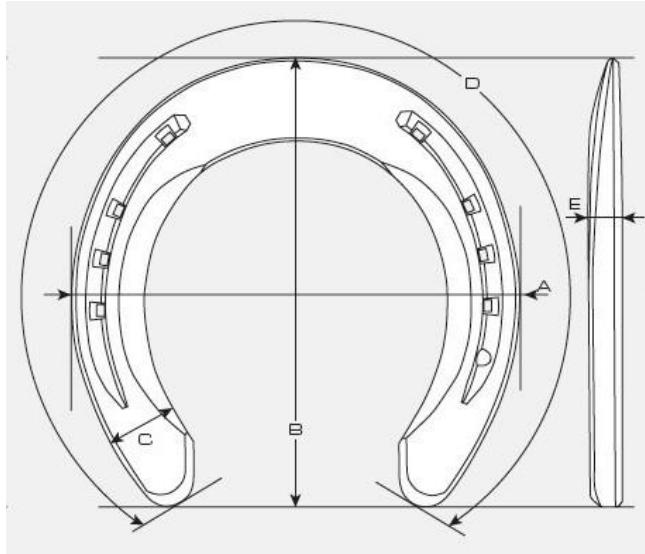


Figura 65. Medições das ferraduras (Mustad, 2020)

As ferraduras foram medidas com um paquímetro (marca Mitutoyo de 200mm com leitura de 0,05 mm) para medir A, B, C e E e régua (Acrimet com graduação em mm) para medir o barbante usado para a medição de D. Além disso, as ferraduras foram pesadas em balança (marca KN Waagen) para obter sua massa.

Uma amostra da região do talão da ferradura traseira foi removida com uma máquina de corte e embutida em baquelite. A amostra foi, então, lixada com lixas d'água de granulometria #180, #220, #320, #400 e #600. O lixamento foi feito de modo que a cada troca de lixa a amostra fosse rotacionada em 90º e lixada para remover riscos e deformações. Em seguida, a amostra foi polida em panos de polimento de 3 e 1 µm com pasta diamantada. O procedimento foi similar, mas sem a rotação de 90º.

Por fim, a amostra foi atacada por alguns segundos com nital 2% (uma mistura de álcool com ácido nítrico, capaz de realçar as diferentes fases e microconstituintes) e observada no microscópio óptico Olympus BX60M e no Zeiss da Axio.

Para que as ferraduras pudessem ser colocadas no Amarillo, foi necessário diminuir seu comprimento já que elas eram de nº 3 e o Amarillo usa nº 2. A redução de tamanho da ferradura é permitida, o que não poderia acontecer é colocar uma ferradura de tamanho menor e adaptar o casco a ela. Assim, parte do talão foi removida de todas as ferraduras e, antes de serem pregadas, elas foram pesadas novamente.

Após 45 dias, as ferraduras foram removidas e pesadas. Além disso, a espessura da região da pinça e dos talões foram medidas, sendo que na região da pinça a espessura medida

foi a da borda externa onde ocorre o maior desgaste e, nos talões, a espessura medida foi da parte inteira, já que não há bordas finas. A ferradura foi cortada e uma amostra da região da pinça foi embutida em baquelite para análise da microestrutura. O processo de lixamento, polimento e ataque foi idêntico ao realizado na amostra antes do uso.

### ***3.2.2 Ferraduras de aço (pesadas)***

Por se tratarem de tamanhos diferentes (sendo a nova de nº 5 e outra usada de nº 6), a única medida feita foi a da espessura, idêntica nos dois tamanhos. As demais medidas indicadas na figura 65 não fariam sentido já que o desgaste ocorre na sola e tem impacto na espessura.

Contudo as ferraduras foram pesadas na mesma balança a fim de identificar se, mesmo tendo maior massa inicial, a ferradura de nº 6 usada seria mais leve do que a menor, de nº 5 nova. As amostras foram observadas no microscópio óptico Zeiss da Axio.

### ***3.2.3 Ferraduras de aço (esbarro)***

No caso da ferradura de esbarro, as medições de espessura e massa foram feitas somente a título de curiosidade, utilizando os mesmos métodos das anteriores.

A ferradura usada foi cortada e a amostra colhida foi embutida em baquelite, lixada, polida e atacada como descrito anteriormente.

As amostras também foram observadas no microscópio óptico Zeiss da Axio.

### ***3.2.4 Ferraduras de alumínio***

Assim como as ferraduras de aço (leves), as de alumínio foram medidas para obter a espessura, largura, comprimento e maiores comprimentos horizontal e vertical, de acordo com a Figura 65.

As ferraduras foram medidas com o paquímetro e pesadas na mesma balança. A amostra também foi removida da região do talão da ferradura traseira, embutida em baquelite, lixada com lixas d'água de granulometria #180, #220, #320, #400 e #600 e polida em panos de polimento de 3 e 1 µm com pasta diamantada. O procedimento para lixar e polir a amostra foi idêntico ao da ferradura de aço.

O ataque, contudo, utilizou hidróxido de sódio 25% por se tratar de alumínio e, por fim, a amostra foi observada no microscópio óptico Olympus BX60M.

As ferraduras de alumínio iriam ser utilizadas no Amarillo para comparar o desgaste. Contudo, como as muralhas de seu casco estavam frágeis, o farrador aconselhou a esperar mais um pouco para usar a ferradura de alumínio já que seu desgaste poderia ser mais rápido. Ao desgastar mais rápido, seria necessária a substituição da ferradura usada por uma nova e, consequentemente, mais um ferrageamento. Isso faria com que novos cravos fossem pregados e seus furos poderiam acabar ficando muito perto dos furos do ferrageamento anterior, prejudicando a recuperação da muralha.

Com isso, não houve tempo hábil para realizar o ferrageamento com as ferraduras de alumínio para analisar seu desgaste.

### **3.2.5 Cravo**

Para a medição do cravo foram utilizadas as indicações da Figura 66 abaixo. Os cravos também foram medidos com paquímetro e pesados na mesma balança. Ele foi cortado na região do pescoço e a sua haste foi embutida em baquelite.

Também foi realizado o lixamento e o polimento de maneira similar ao processo das ferraduras de aço e amostra também foi atacada com nital 2% para ser observada no microscópio óptico Olympus BX60M.

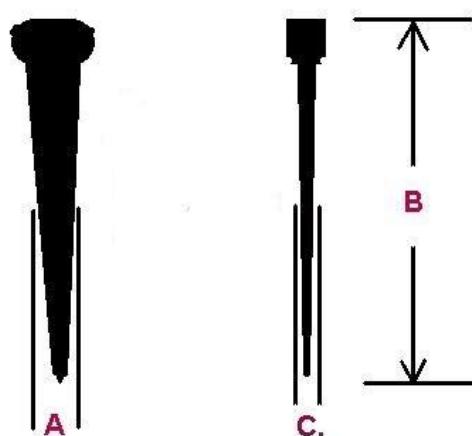


Figura 66. Medições dos cravos (Flint, 2020)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Ferraduras de aço (leve) e alumínio

#### 4.1.1 As dimensões

As dimensões da ferradura de aço e de alumínio podem ser observadas na Tabela 2 e 3, respectivamente, sendo que A é a maior distância horizontal, B a maior distância vertical, C a largura, D o comprimento total e E a espessura, conforme a Figura 65.

Tabela 2 -Dimensões da ferradura de aço

<b>Ferradura de aço</b>		<b>Dianteira</b>	<b>Traseira</b>
Massa (g):	$m =$	318,6	317,9
Dimensão (cm):	A =	11,5	11,2
	B =	12,1	12,5
	C =	1,5	1,5
	D =	35,1	34,8
	E =	0,79	0,79

Tabela 3 - Dimensões da ferradura de alumínio

<b>Ferradura de alumínio</b>		<b>Dianteira</b>	<b>Traseira</b>
Massa (g):	$m =$	95,5	85,3
Dimensão (cm):	A =	11,9	11,5
	B =	12,4	11,7
	C =	1,3	1,2
	D =	34,1	33,1
	E =	0,83	0,83

Ao compararmos as ferraduras novas de aço e alumínio podemos perceber que possuem tamanhos similares (A, B, D e E), apesar de a ferradura de aço ser mais larga que a de alumínio (C). A grande diferença está na massa, sendo que a ferradura de alumínio representa

aproximadamente 30% da massa da ferradura de aço dianteira e 27% da traseira. Em outras palavras, as ferraduras dianteiras de aço pesam cerca de 220 a 230 gramas a mais do que as de alumínio. Apesar de parecer significativa quando seguramos ambas as ferraduras, essa é a diferença de massa entre um chinelo e um tênis, por exemplo.

#### **4.1.2 O projeto**

As diferenças de design são extremamente perceptíveis. A ferradura de aço de modelo convencional não possui em seu design tantos elementos que forneçam tração ao animal, ao contrário da ferradura de alumínio indicada para atletas de alta performance. O friso, apesar de ser um elemento de tração, está presente nessas ferraduras, mas somente na região dos cravos a fim de protegê-los do desgaste.

Na ferradura de alumínio é possível identificar diversos itens com a função de melhorar a performance do cavalo. Na região da pinça há uma placa cujo objetivo é diminuir o desgaste nessa região e ajudar na tração. Para aumentar a tração há também o friso presente em toda sua extensão e um rebaixamento da região interna. Outro rebaixamento está presente na região da sola, o que proporciona uma redução de pressão nessa área. Nas ferraduras dianteiras há um rebaixamento na região do talão que proporciona suavidade durante a aterrissagem dos anteriores e evita que os posteriores arranquem essa ferradura durante a movimentação. (GABRILAITIS; MARINS, 2019)

Ao observar a ferradura de alumínio é possível identificar marcas de areia, evidenciando o processo de fundição. Além disso, ao redor da placa na região da pinça, há rebarbas da ferradura de alumínio. Com isso, podemos assumir que a liga de alumínio utilizada pertence ao grupo de *cast alloys* (ligas fundidas).

#### **4.1.3 As microestruturas**

##### **4.1.3.1 Ferradura de aço (leve)**

Ao observar a amostra da ferradura de aço não usada no microscópio óptico obteve-se as microestruturas presentes nas imagens das Figuras 67 a 71.



Figura 67 - Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 50x



Figura 68 - Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 100x



Figura 69 - Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 200x

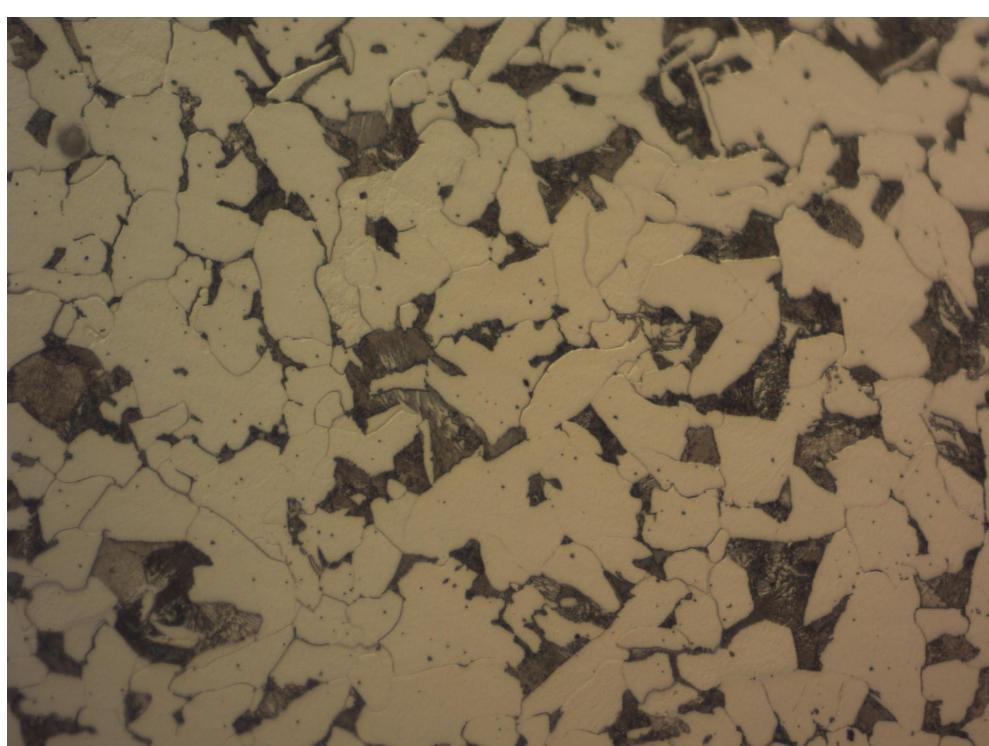


Figura 70 - Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 500x

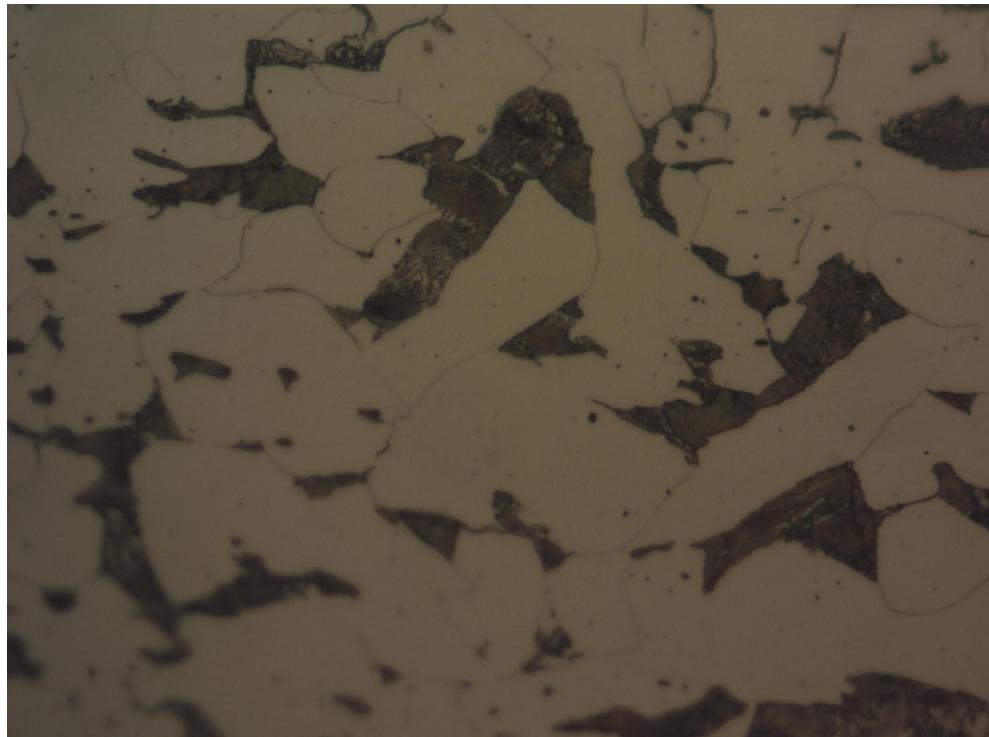


Figura 71 - Micrografia da ferradura de ferro com aumento de 1000x

Ao analisar as imagens da microestrutura é possível identificar a presença de muita ferrita pró-eutetóide (região clara) e pouca perlita (região escura). As lamelas presentes no microconstituinte perlita são muito finas e quase imperceptíveis no microscópio óptico. Percebe-se, ainda, que há uniformidade e que não há sinal de deformação.

Para determinar a fração volumétrica de perlita, foi usado o software ImageJ. As micrografias foram transformadas em escala de cinza no software e, em seguida, seus tons de cinza escuro foram transformados em vermelho, permitindo ao software calcular a porcentagem de “escuro”, ou seja, perlita.

As porcentagens de perlita fornecidas pelo ImageJ para as microestruturas com aumento de 100x, 200x e 500x foram, respectivamente, de 28,23%, 24,08% e 27,52%. Assim, a média da porcentagem de perlita na amostra foi de 26,61%.

Com o diagrama de fases Ferro-Carbono podemos calcular a porcentagem de carbono a partir da porcentagem de perlita com a Regra das Alavancas.

Para relacionar a porcentagem de carbono com a porcentagem de perlita, utiliza-se a seguinte Equação 4:

$$\% \text{ perlita} = \frac{\% C - 0,022}{0,76 - 0,022}$$

Equação 4

Assim, com  $\% \text{ perlita} = 0,25$ , podemos encontrar que a porcentagem de carbono é  $\% C = 0,2$ .

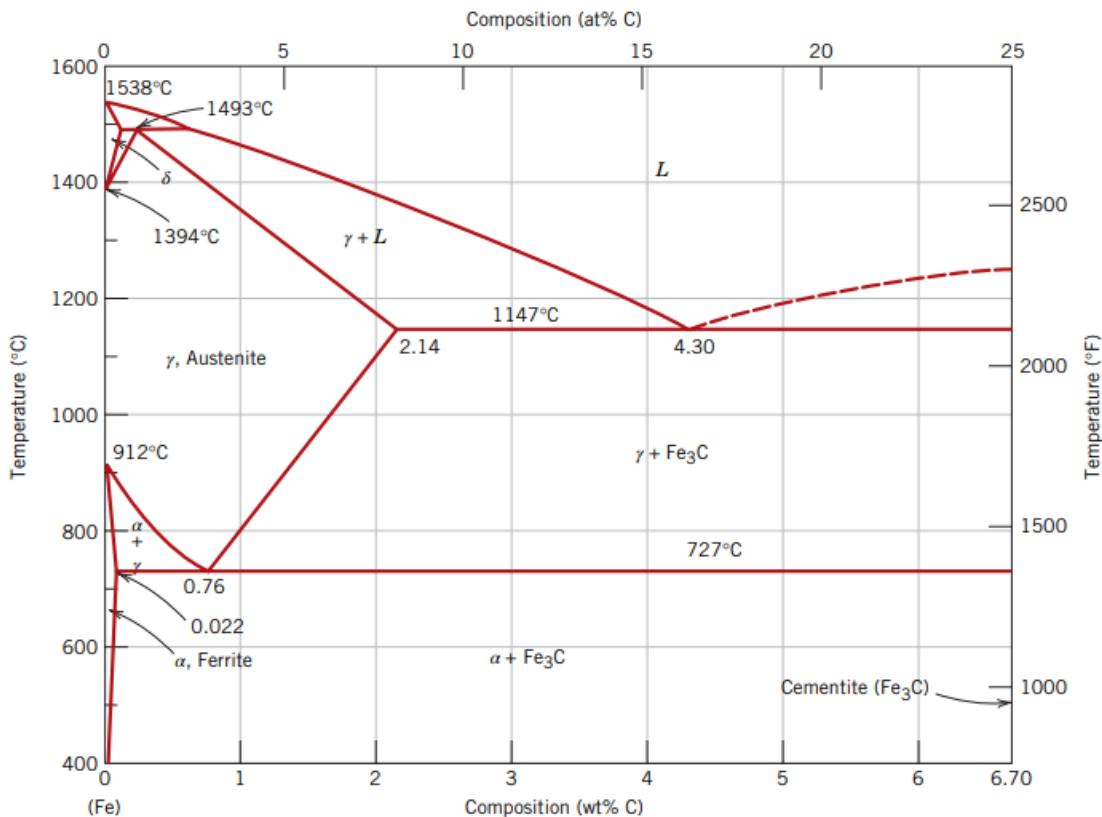


Figura 72 - Diagrama de fases ferro-carbono (Callister Jr. e Rethwisch, 2015)

O aço encontrado, de acordo com análise no microscópio óptico e no software imageJ, é um aço médio carbono com 0,2% C. Sua escolha provavelmente se deu por ser um dos tipos mais comuns de aço no mercado e também por apresentar um bom equilíbrio entre resistência e ductilidade.

#### 4.1.3.2 Ferradura de alumínio

A amostra da ferradura de alumínio, ao ser observada no microscópio eletrônico, apresentou as seguintes microestruturas nas Figuras 73 e 74.

É possível observar a presença de grãos grandes (regiões levemente mais escuras) que indicam que o alumínio poderia ter passado por tratamento térmico de envelhecimento. Existe a possibilidade de as manchas serem provocadas pelo ataque químico, mas seu formato se assemelha muito ao de um contorno de grão. Vale ressaltar que as marcas claras do lado

direito das imagens são provenientes do reflexo da lâmpada do laboratório e não fazem parte da microestrutura.



Figura 73 - Micrografia da ferradura de alumínio com aumento de 50x

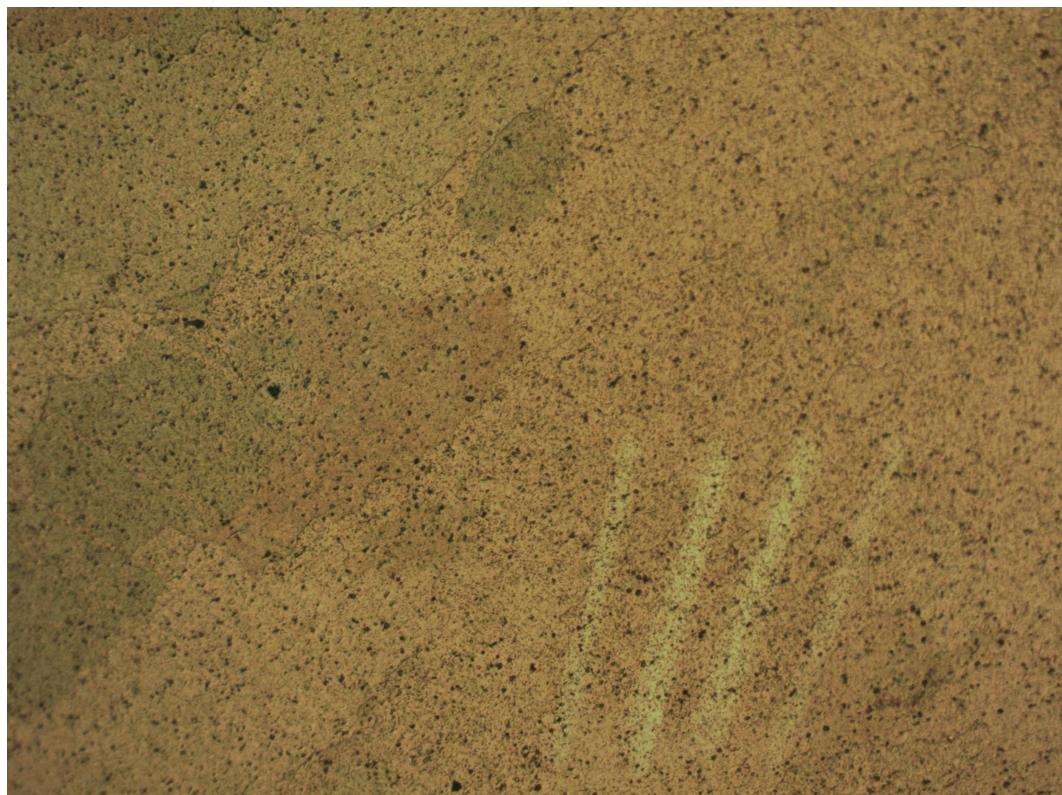


Figura 74 - Micrografia da ferradura de alumínio com aumento de 100x

A partir da análise de sua microestrutura foi possível perceber que houve envelhecimento, ou seja, as farraduras passaram por tratamento térmico. Isso é essencial nas farraduras de alumínio pois elas serão ajustadas durante o ferrageamento (muitas vezes a frio) e não poderão quebrar no processo. O envelhecimento é evidenciado pela dispersão fina de precipitados coerentes em matriz de  $\alpha$ . Nesse tratamento térmico o resfriamento ocorre ao ar e o tempo de residência e as temperaturas são definidos pela resistência mecânica. O tratamento T6 apresenta a máxima resistência e a máxima dureza, indicando que pode ser esse o utilizado nas farraduras.

Então, além de pertencer ao grupo de *cast alloys*, as ligas são tratáveis termicamente, podendo ter como elemento principal CuAl<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>Si ou Zn. Como mais de 95% das peças de alumínio fundido são produzidos com ligas do sistema Al-Si (MOREIRA, 2020), podemos supor que essa seja a liga utilizada na farradura. Além disso, a microestrutura de uma liga Al-Si com 12% Si (Figura 66) se assemelha à microestrutura obtida na amostra da farradura.



12% Si

Figura 75 - Microestrutura do sistema Al-Si com 12% de Si (Moreira, 2020)

As farraduras de alumínio são caras por causa do elevado preço do alumínio em si e do custo para produção por fundição. A presença do silício ajuda a reduzir um pouco o custo de produção porque sua presença diminui a temperatura de fusão e, consequentemente, o consumo de energia, reduz a contração de solidificação e, assim, a quantidade de massalotes e reduz a ocorrência de trincas de solidificação. Contudo, ainda é necessário realizar a degaseificação para remover o hidrogênio dissolvido e evitar microporosidades.

## 4.2 Ferraduras de aço (leves) antes e após o uso

### 4.2.1 As dimensões

Ao compararmos as medidas de massa e espessura da ferradura do Amarillo Del Rancho antes e após o uso podemos notar o quanto de massa foi removida e em quais lugares ocorreu o maior desgaste. A Tabela 4 a seguir mostra essa comparação.

Tabela 4 - Comparação das dimensões das ferraduras de aço (leves) antes e após o uso

Ferradura de aço Amarillo Del Rancho		Dianeira direita	Dianeira esquerda	Traseira direita	Traseira esquerda
Massa inicial	$M_i$ (g)	292	289	295	296
Massa final	$M_f$ (g)	245	251	245	217
Diferença de massa $\Delta M$ (g)		47	38	50	79
Massa perdida $P_M$ (%)		16,1%	13,1%	16,9%	26,7%
Espessura inicial	$e_i$ (cm)	0,78	0,78	0,78	0,78
Espessura final;	$e_{f\ pinça}$ (cm)	0,18	0,16	0,16	0,06
Diferença de espessura;	$\Delta e_{pinça}$ (cm)	0,6	0,62	0,62	0,72
Porcentagem perdida de espessura	$P_{e\ pinça}$ (%)	76,9%	79,5%	79,5%	92,3%
Regiões: pinça, talão interno e externo	$e_{f\ talão\ int}$ (cm)	0,55	0,65	0,62	0,61
	$\Delta e_{talão\ int}$ (cm)	0,23	0,13	0,16	0,17
	$P_{e\ talão\ int}$ (%)	29,5%	16,7%	20,5%	21,8%
	$e_{f\ talão\ ext}$ (cm)	0,64	0,66	0,59	0,63
	$\Delta e_{talão\ ext}$ (cm)	0,14	0,12	0,19	0,15
	$P_{e\ talão\ ext}$ (%)	17,9%	15,4%	24,4%	19,2%

Assim, nota-se que a região em que houve mais perda de material foi a da pinça, o que faz sentido já que essa é a região utilizada para tracionar o movimento. Por esse motivo, inclusive, as ferraduras de alumínio possuem a proteção embutida.

Além disso, é possível perceber como a pisada do Amarillo varia em cada pata. Por exemplo, a ferradura com a maior perda de massa e maior desgaste na região da pinça foi a posterior esquerda, enquanto a ferradura com maior desgaste no talão interior foi a anterior direita e, no exterior, a posterior direita.

Assim como ocorre em nossos sapatos, o desgaste e a perda de massa varia de acordo com o uso, o solo em que o material tem contato e a nossa passada ou, no caso de cavalos, o aprumo.



Figura 76 - Ferradura de aço (leve) após o uso no Amarillo Del Rancho sob o pedaço do talão que foi retirado antes do ferrageamento para comparação da espessura

#### **4.2.2 O projeto**

Para o uso a que foi destinado, percebemos que o design das ferraduras foi eficiente para que elas apresentassem um desempenho satisfatório. Apesar de a rotina do Amarillo durante o uso dessas ferraduras ter sido normal, elas cumpriram com seu propósito de proteger o casco e não apresentar nenhum tipo de falha.

O desgaste na região da pinça foi intenso, mas não o suficiente para que a ferradura se rompesse dentro do prazo normal entre os ferrageamentos.

#### 4.2.3 As microestruturas

A seguir estão as micrografias de amostras retiradas da região em contato com o solo da ferradura do Amarillo antes e depois do uso.

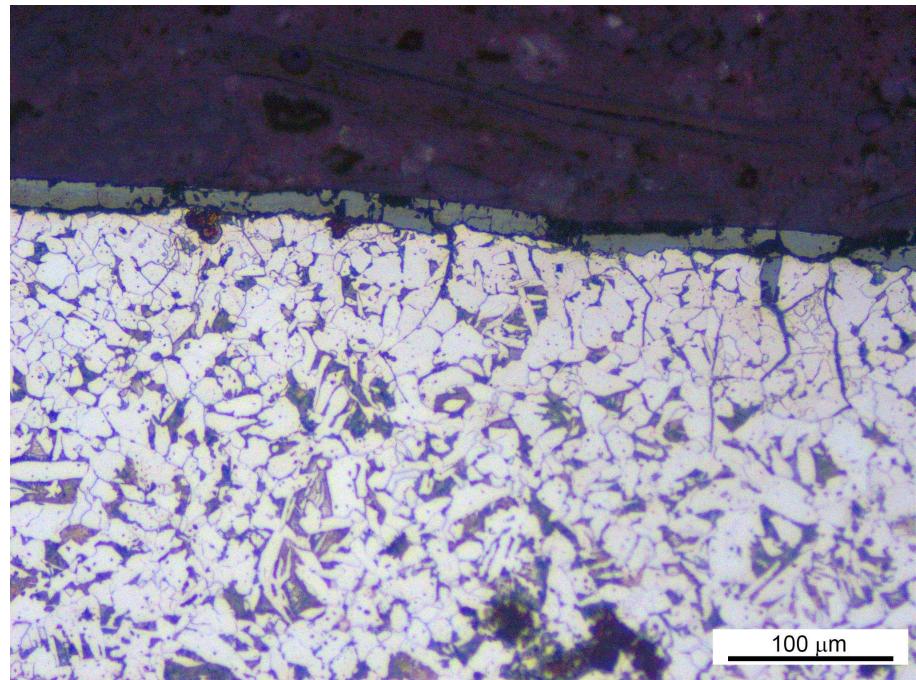


Figura 77 - Borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 200x

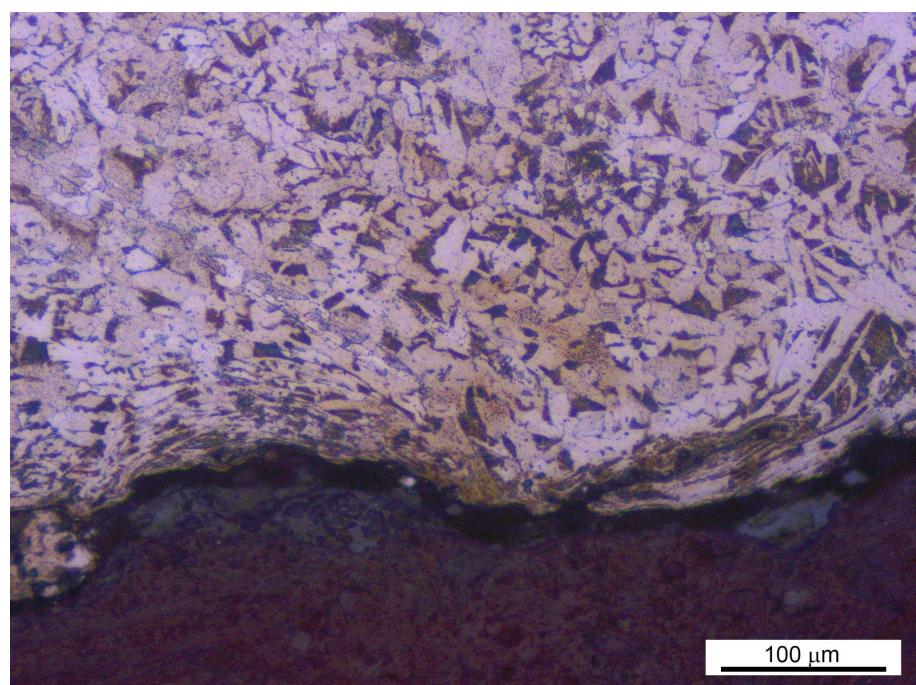


Figura 78 - Borda da ferradura de aço (leve) que teve contato com o solo, após o uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 200x

Podemos analisar as duas imagens, Figuras 77 e 78, de mesmo aumento e da mesma ferradura, sendo a primeira amostra retirada antes do uso e, a segunda, após o uso. Além disso, ambas amostras foram cortadas na mesma máquina, o que torna a região da borda comparável.

Na figura 77 podemos notar que a região da borda da ferradura não usada apresenta menor quantidade de carbono, o que pode ser consequência do forjamento, e não apresenta evidências de deformação. Contudo, na figura 78 da ferradura após o uso, a região da borda que ficou em contato com o solo apresenta evidências nítidas de deformação. Podemos perceber que os contornos de grãos alongados acompanham a reentrância no centro da borda, causada possivelmente por impacto em uma pedra ou estrutura similar. Ao lado dessa reentrância podemos notar que ocorreu um dobramento, provavelmente causado após o movimento do cavalo prensar uma parte da ferradura desgastada prestes a se descolar. Vale ressaltar que esse pedaço possui tamanho de aproximadamente 150  $\mu\text{m}$ .

Nas Figuras 79 e 80 a seguir podemos ver com um aumento maior regiões em que houve a mesma situação de dobramento sobre um pedaço prestes a cair. A Figura 80 é a ampliação da região mostrada na figura anterior, Figura 78.

Vale ressaltar que a direção da deformação coincide com a direção da força de atrito.

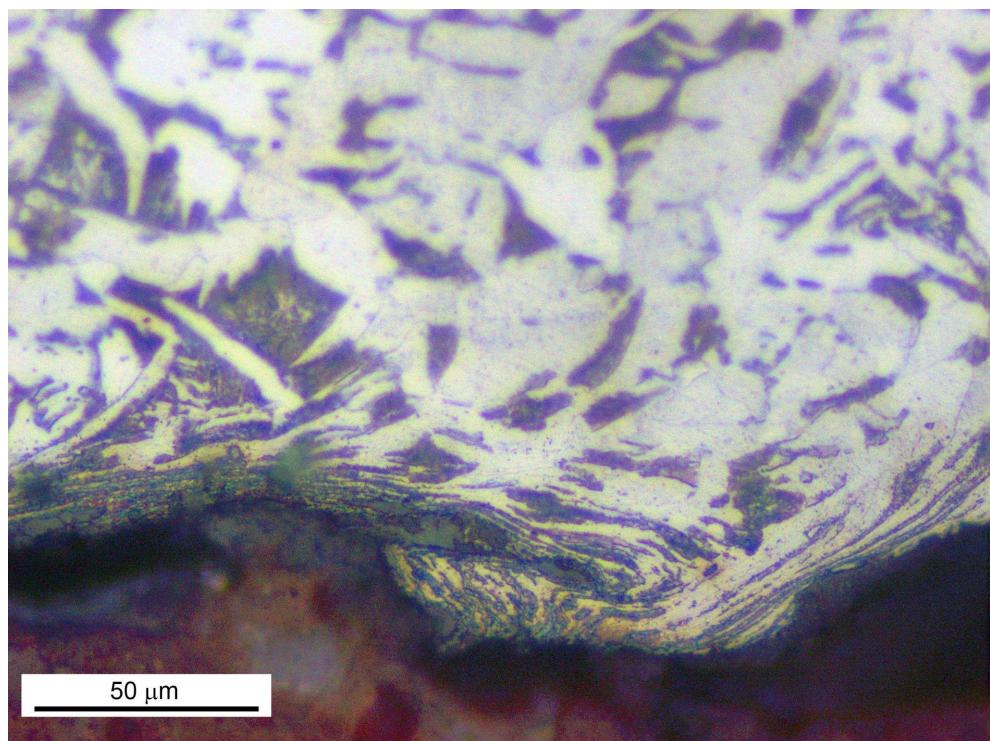


Figura 79 - Borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x

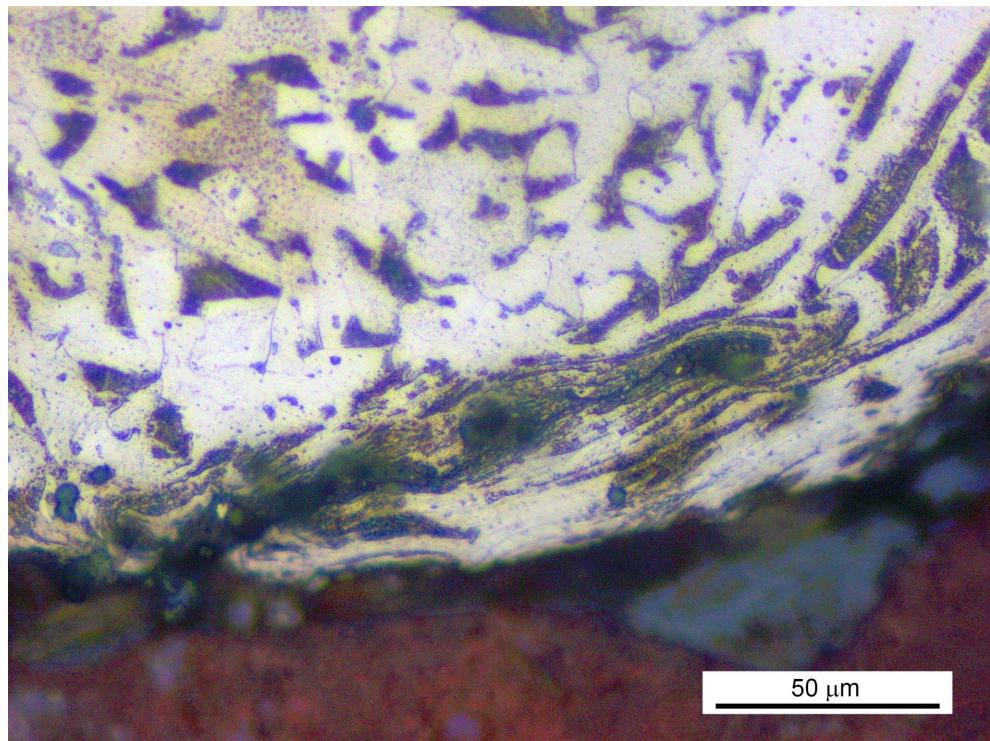


Figura 80 - Outro trecho da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x

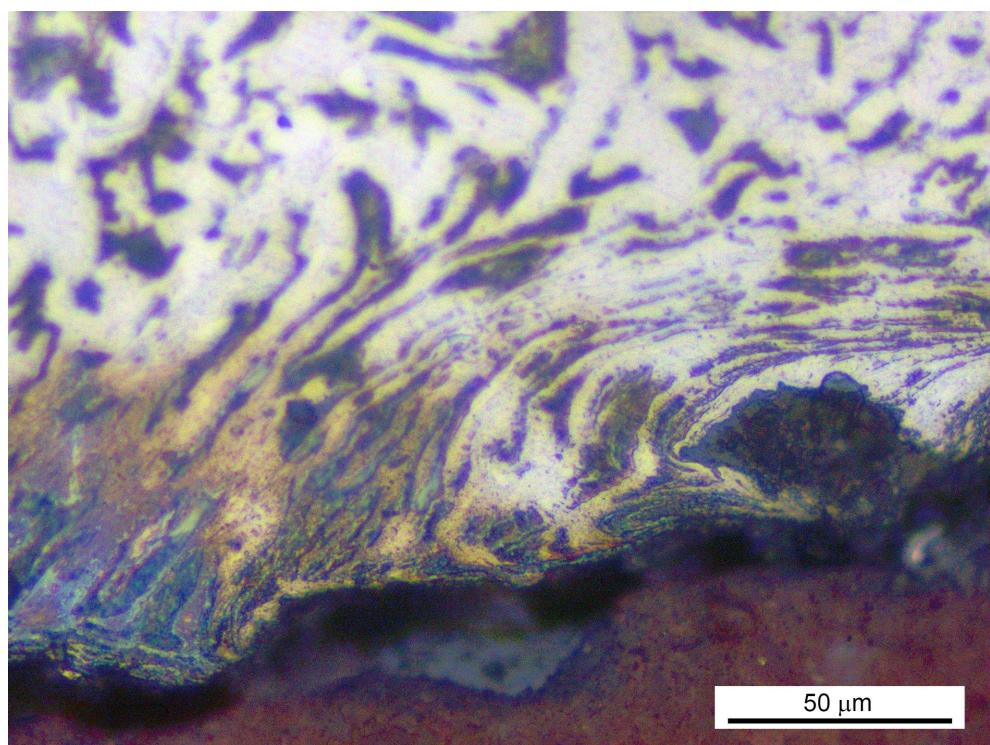


Figura 81 - Região de deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x

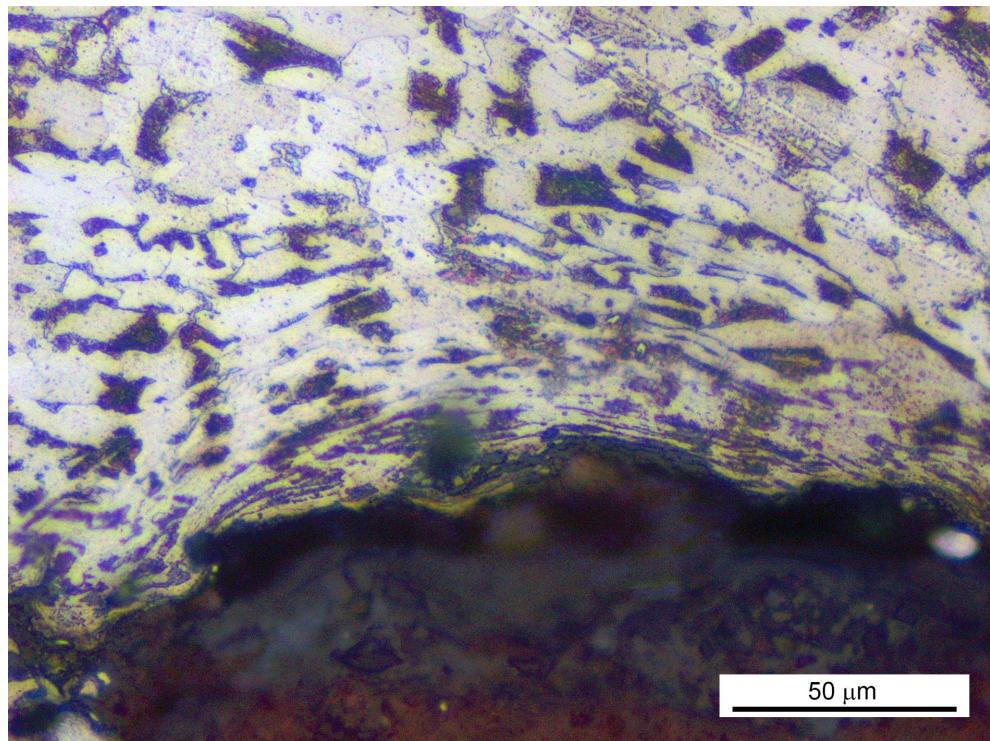


Figura 82 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho com aumento de 500x

Nas imagens a seguir, obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura, podemos observar a região em contato com o solo em que ocorreu deformação.

Em todas as micrografias, as regiões escuras na borda não estão relacionadas à quantidade de carbono, mas sim ao ataque de nital. Com a diferença entre a amostra e a baquelite, o nital ficou retido nessa fronteira e acabou reagindo por mais tempo.

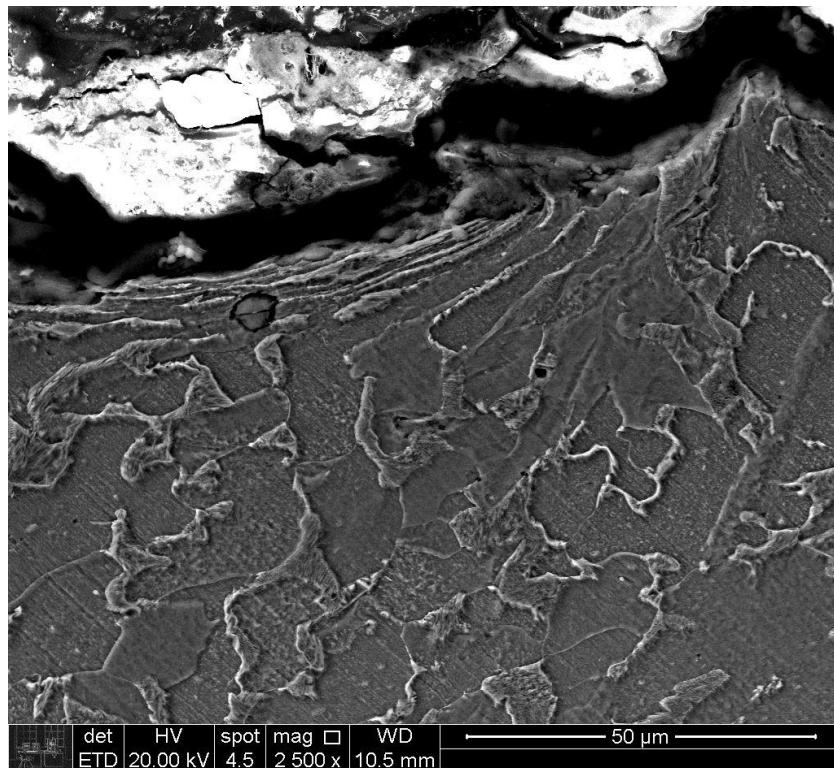


Figura 83 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho obtida através de MEV

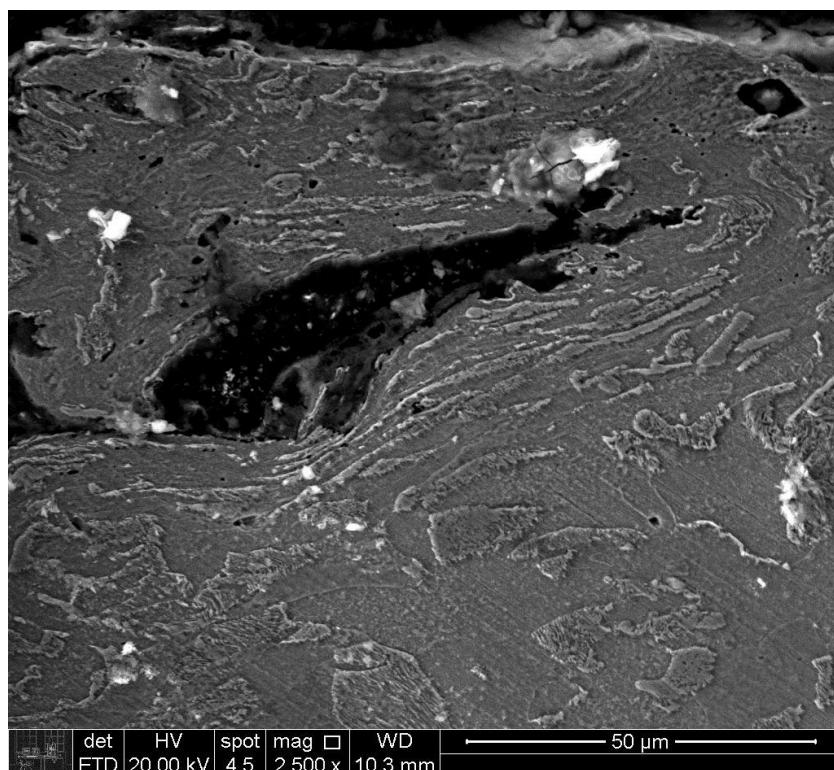


Figura 84 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho obtida através de MEV

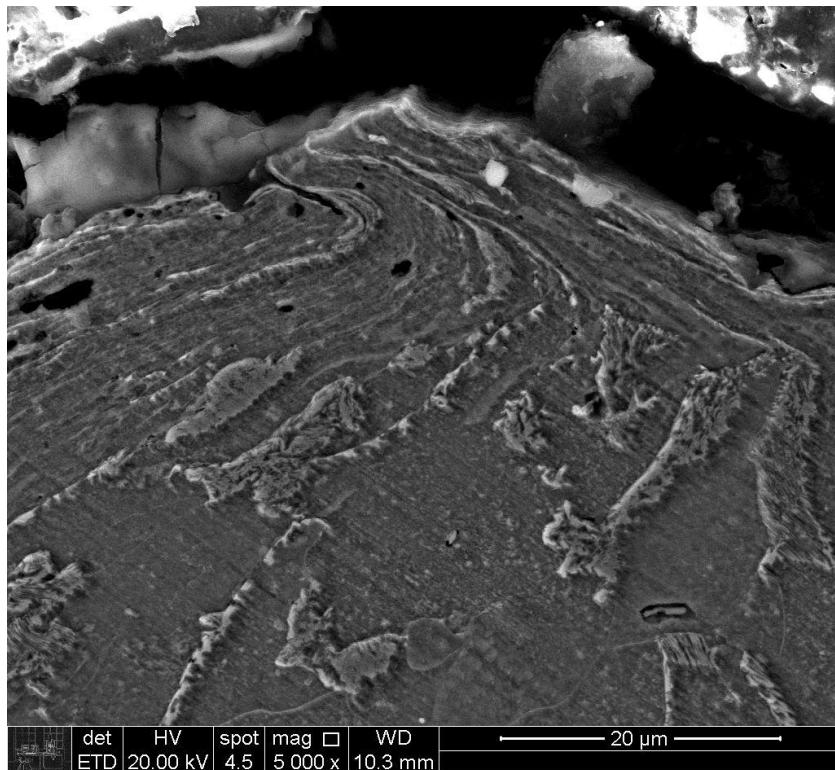


Figura 85 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (leve) antes do uso no Amarillo Del Rancho obtida através de MEV

#### **4.3 Ferraduras de aço (pesadas) antes e após o uso**

##### ***4.3.1 As dimensões***

As ferraduras fornecidas pela polícia militar eram de tamanhos diferentes, sendo a nova uma traseira de nº 5 e a usada uma dianteira de nº 6. Além disso, não se sabe em qual pata ela foi utilizada, portanto não é possível definir se as espessuras finais do talão são do lado interno ou externo.

Como a ferradura usada é de tamanho maior que nova, podemos verificar que houve perda de massa maior que 11,2% (maior que 53 g) após o uso. Em relação à espessura podemos ter um resultado mais preciso, já que ambas as ferraduras tinham a mesma espessura inicial.

O maior desgaste ocorreu na região da pinça, com 65,1% de perda, seguido pelo talão esquerdo com 22,9% e, por fim, o direito com 9,6%. Ao analisar as diferenças de massas das ferraduras do Amarillo percebemos como isso muda de uma pata para outra. Na ferradura do Regimento, com essa enorme diferença entre os talões, fica evidente que a pisada do cavalo, assim como a nossa, é imperfeita e causa desgastes diferentes em regiões diferentes.

Tabela 5 - Comparação das dimensões das ferraduras de aço (pesadas) antes e após o uso

<b>Ferradura de aço Regimento</b>		Traseira/ Dianteira
Massa inicial	$M_i$ (g)	473
Massa final	$M_f$ (g)	420
Diferença de massa $\Delta M$ (g)		53
Massa perdida $P_M$ (%)		11,2%
Espessura inicial	$e_i$ (cm)	0,83
Espessura final; Diferença de espessura; Porcentagem perdida de espessura	$e_{f\ pinça}$ (cm)	0,29
	$\Delta e_{pinça}$ (cm)	0,54
	$P_{e\ pinça}$ (%)	65,1%
Regiões: pinça, talão direito e esquerdo	$e_{f\ talão\ 1}$ (cm)	0,75
	$\Delta e_{talão\ 1}$ (cm)	0,08
	$P_{e\ talão\ 1}$ (%)	9,6%
	$e_{f\ talão\ 2}$ (cm)	0,64
	$\Delta e_{talão\ 2}$ (cm)	0,19
$P_{e\ talão\ 2}$ (%)		22,9%



Figura 86 - Ferraduras de aço (pesadas) do Regimento, sendo a nova do lado direito e a usada do lado esquerdo

#### **4.3.2 O projeto**

No caso da ferradura utilizada pelo Regimento, seu desempenho também foi satisfatório e até surpreendente. Apesar do contato frequente com o asfalto, o desgaste foi similar ao da ferradura do Amarillo.

Vale lembrar também que o contato da ferradura do Regimento foi com um solo muito mais abrasivo do que o da ferradura do Amarillo, mas permaneceu 15 dias a menos nos cascos do cavalo.

Como era de se esperar, a maior espessura inicial da ferradura resultou em um conforto maior em relação à espessura final, eliminando a possibilidade de a ferradura fraturar ao meio durante o uso.

#### **4.3.3 As microestruturas**

Ao observar a amostra da ferradura de aço não usada no microscópio óptico obteve-se as seguintes microestruturas.

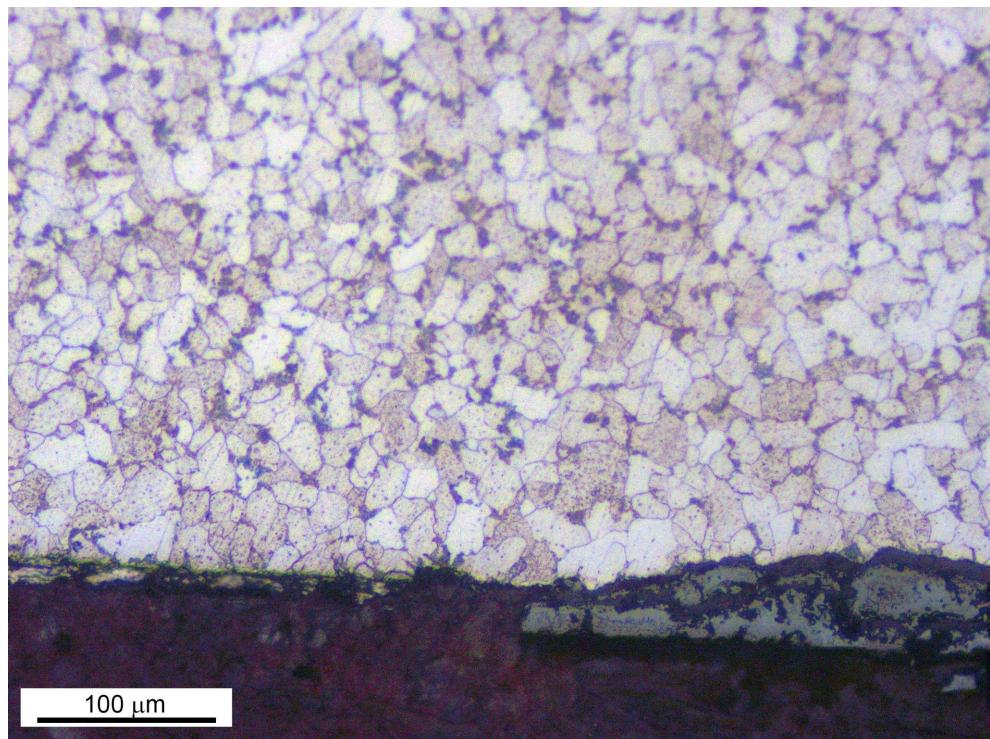


Figura 87 - Micrografia da ferradura de aço (pesada) nova com aumento de 100x

Ao analisar as imagens da microestrutura é possível identificar a presença de bastante ferrita pró-eutetóide (região clara) e pouca perlita (região escura), como a ferradura de aço leve. Percebe-se que há pouco carbono na superfície e que não há sinal de deformação.

Para determinar a fração volumétrica de perlita, foi usado o software ImageJ. As micrografias foram transformadas em escala de cinza e, em seguida, seus tons de cinza escuro foram transformados em vermelho, permitindo ao software calcular a porcentagem de “escuro”, ou seja, perlita.

A porcentagem de perlita fornecidas pelo ImageJ para as microestruturas com aumento de 200x, 200x e 500x foram, respectivamente, de 22,96%, 16,8% e 20,6%. Assim, a média da porcentagem de perlita na amostra foi de 20,72%.

Com o diagrama de fases Ferro-Carbono na figura 72 podemos calcular a porcentagem de carbono a partir da porcentagem de perlita com a Regra das Alavancas.

Para relacionar a porcentagem de carbono com a porcentagem de perlita, utiliza-se a seguinte Equação 4. Assim, com  $\% \text{ perlita} = 0,20$ , podemos encontrar que a porcentagem de carbono é  $\% C = 0,2$ .

O aço encontrado, de acordo com análise no microscópio óptico e no software imageJ, é um aço médio carbono com 0,2% C. O aço escolhido é o mesmo utilizado na farradura leve, o que faz sentido já que para garantir a durabilidade da farradura em contato com asfalto, é utilizado um modelo de maior espessura. Sendo assim, não há necessidade de um aço mais resistente.

A Figura 87 apresenta as microestruturas da farradura nova do Regimento e as Figuras 88 e 89, da farradura usada. No caso das amostras das farraduras nova e usada do Regimento, observa-se que houve deformação, mas em uma proporção visivelmente menor que na amostra do Amarillo.

Nas Figuras 90, 91 e 92, obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura, podemos observar a região em contato com o solo em que ocorreu deformação, mas com intensidade menor do que a farradura de aço (leve) utilizada no Amarillo.

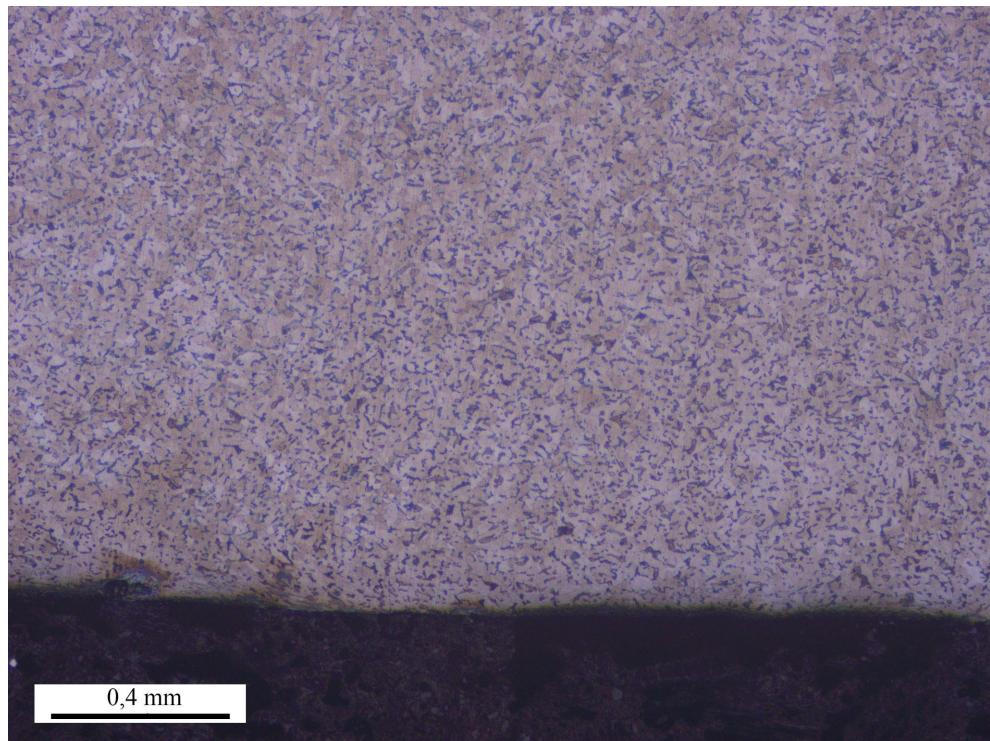


Figura 88 - Micrografia da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto com aumento de 50x

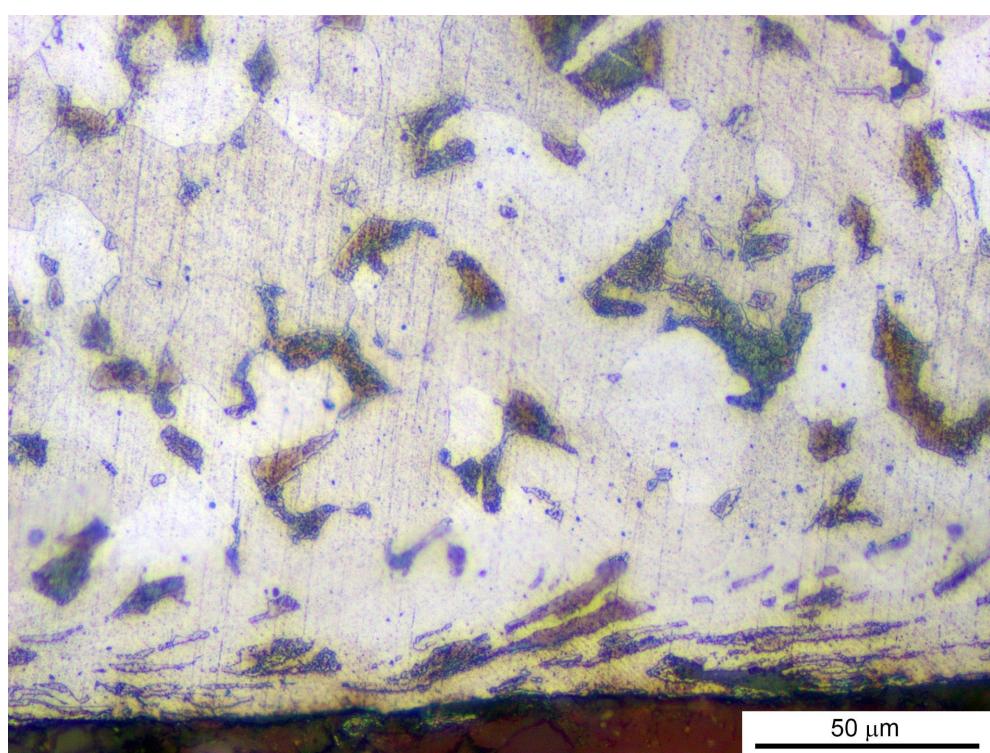


Figura 89 - Micrografia da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto com aumento de 500x

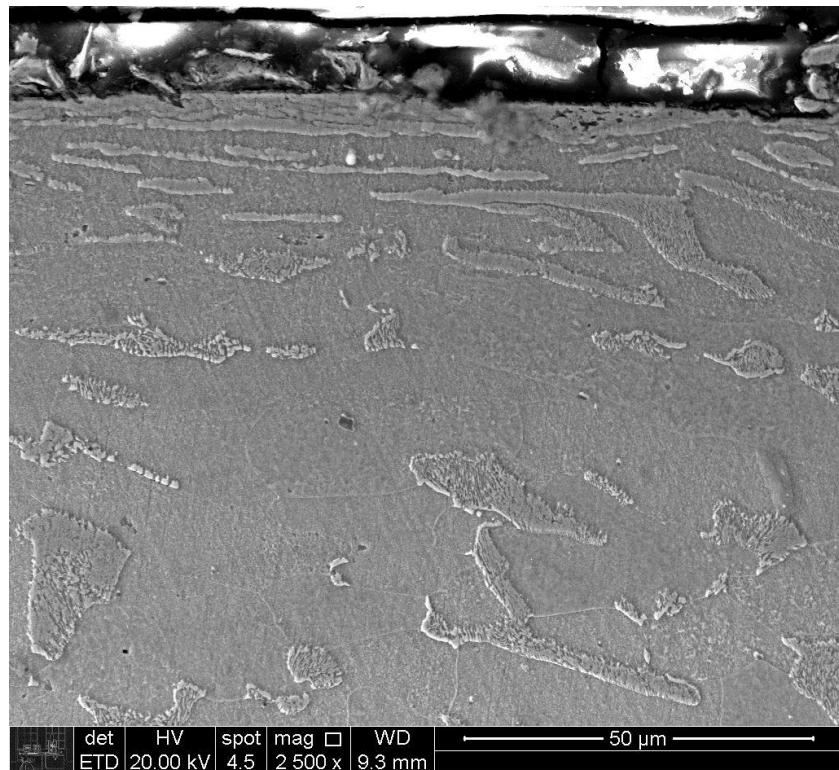


Figura 90 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto obtida através de MEV

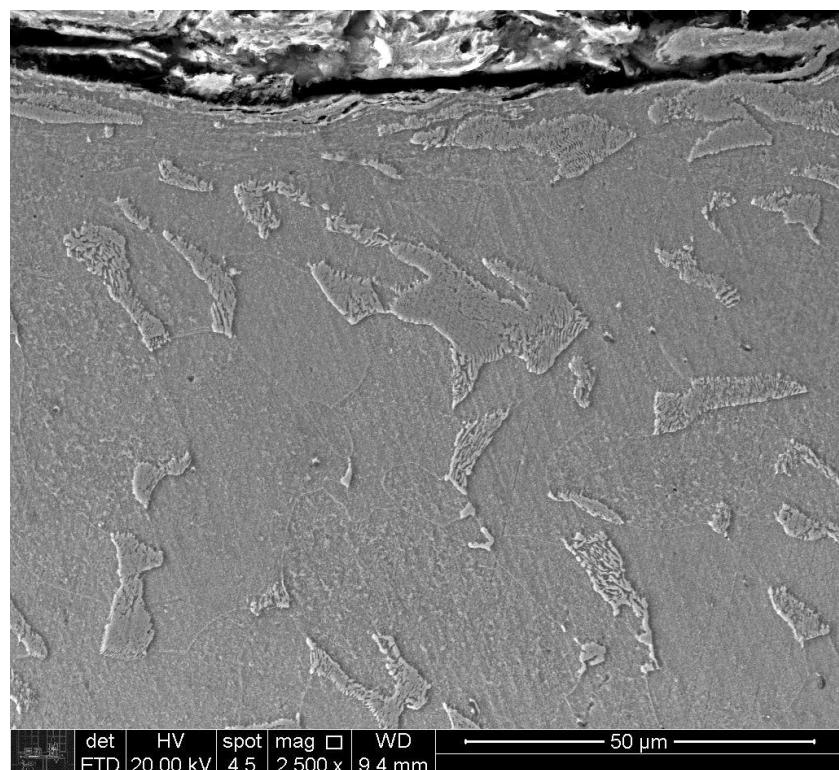


Figura 91 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto obtida através de MEV

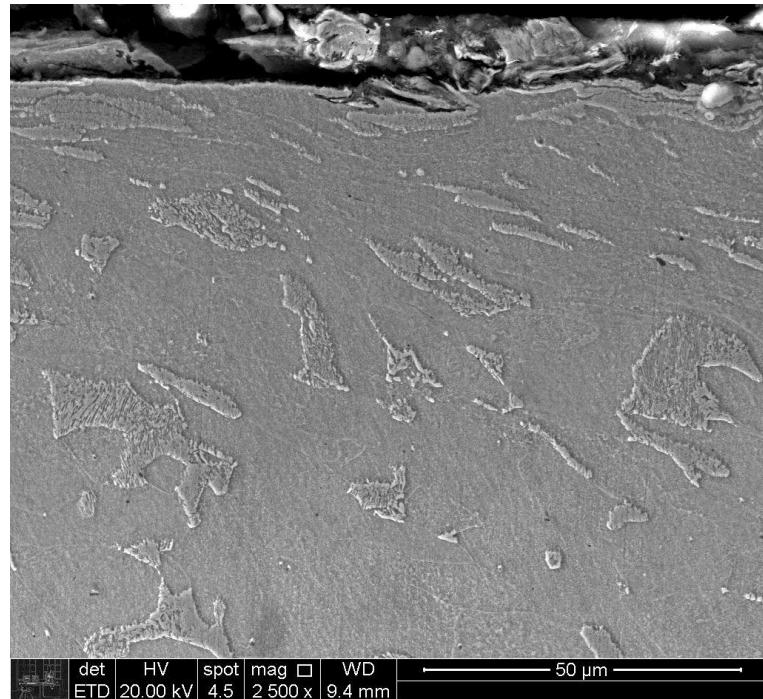


Figura 92 - Região de grande deformação da borda da ferradura de aço (pesada) usada em contato com asfalto obtida através de MEV

Além disso, ao comparar as superfícies de contato com o solo nas ferraduras do Amarillo e do Regimento, percebe-se que somente na primeira ocorreu oxidação ao longo do tempo depois da remoção, como é possível ver na Figura 93. Isso pode ter ocorrido por causa do contato constante com o asfalto, que pode causar um tratamento térmico superficial responsável por aumentar a dureza e, consequentemente, a resistência ao desgaste.



Figura 93 - Comparação do lado em contato com o solo da ferradura usada pelo Regimento (à esquerda) com a ferradura usada pelo Amarillo Del Rancho (à direita)



Figura 94 - Comparação do lado em contato com o casco da ferradura usada pelo Regimento (à esquerda) com a ferradura usada pelo Amarillo Del Rancho (à direita)

Podemos perceber que a borda em contato com o casco da ferradura usada pelo Regimento sofreu corrosão após ser retirada, o que não ocorreu na borda em contato com o solo (asfalto), como é possível ser observado na foto da Figura 94 e nas microestruturas das Figuras 88 e 89. A seguir, nas Figuras 95 e 96, podemos ver micrografias da borda em contato com o casco após o uso, que evidenciam essa oxidação.

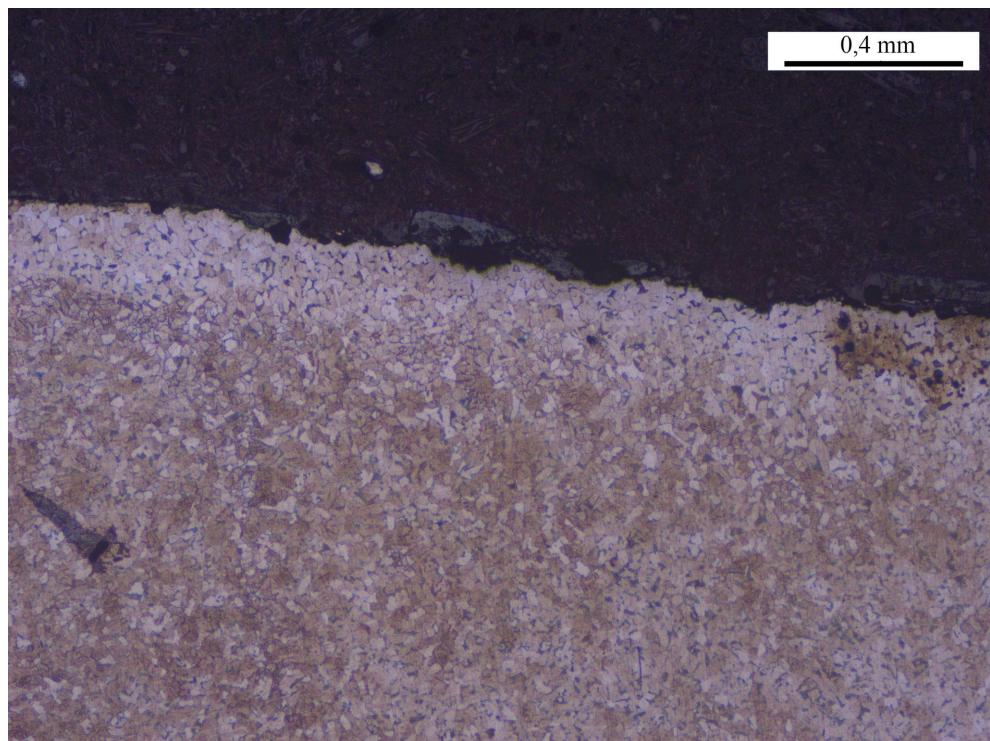


Figura 95 - Micrografia da borda em contato com o casco da ferradura de aço (pesada) após o uso com aumento de 50x

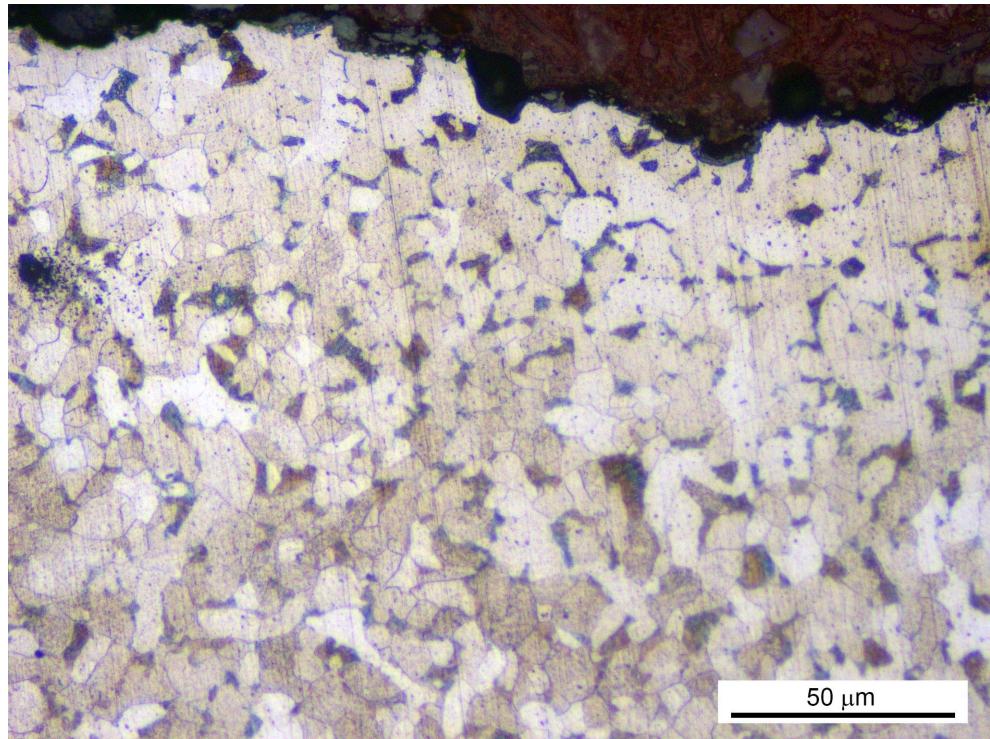


Figura 96 - Micrografia da borda em contato com o casco da ferradura de aço (pesada) após o uso com aumento de 500x

#### 4.4 Ferraduras de esbarro

##### 4.4.1 As dimensões

As dimensões da ferradura de esbarro após o uso podem ser observadas na Tabela 6, sendo que A é a maior distância horizontal, B a maior distância vertical, C a largura, D o comprimento e E a espessura, conforme a Figura 65.

Devemos levar em consideração que as ferraduras foram feitas por um processo manual, e sua assimetria fica evidente na Figura 97.

Não foi possível medir a perda de massa e nem de espessura, já que elas foram utilizadas antes do início deste trabalho. Mesmo assim, podemos perceber que a ferradura de esbarro possui maior tamanho e, consequentemente, mais massa do que a ferradura normal de aço (leve). Em relação ao desgaste na pinça, devemos levar em consideração que houve um acabamento com a lixadeira antes do ferrageamento para tornar a pinça “rolada”, o que acaba removendo material e tornando a espessura inicial menor.



Figura 97 - Ferraduras de esbarro utilizadas pelo Amarillo Del Rancho após o uso

Tabela 6 -Dimensões da ferradura de esbarro

Ferradura de esbarro		Direita	Esquerda
Massa (g):	$M_f =$	338	339
Dimensão (cm):	A =	11,4	11,6
	B =	14,2	14,5
	C =	2,5	2,4
	D =	37	37,5
	$e_{f\ pinça} =$	0,10	0,10
	$e_{f\ talão\ int} =$	0,64	0,66
	$e_{f\ talão\ ext} =$	0,73	0,70

#### **4.4.2 O projeto**

A ferradura de esbarro é construída sem frisos e sem elementos de tração para cumprir seu propósito de deixar os posteriores deslizarem com facilidade. O desgaste na pinça não proporcionou perigo e nenhuma fratura ocorreu na ferradura.



Figura 98 - Comparação de tamanho da ferradura de esbarro e da ferradura de aço (leve), ambas utilizadas nos posteriores do Amarillo Del Rancho

Ao comparar a ferradura de esbarro com a ferradura normal, ambas do Amarillo, percebemos que a primeira possui um maior comprimento total (D), maior distância vertical (B) e maior largura (C). Esses aspectos de projeto também são importantes para a realização da manobra de esbarro, permitindo que o deslizamento dos posteriores seja mais longo.

#### **4.4.3 As microestruturas**

Ao observar a amostra da ferradura de esbarro no microscópio óptico obteve-se micrografia da Figura 99. Na imagem é possível identificar a presença de ferrita pró-eutetóide (região clara) e bastante perlita (região escura).

As Figuras 100, 101 e 201 são as micrografias de amostras retiradas da região em contato com o solo da ferradura de esbarro do Amarillo depois do uso. Aqui também fica evidente que a direção da deformação é no mesmo sentido da força de atrito.



Figura 99 - Microestruturas da ferradura de esbarro com aumento de 200x

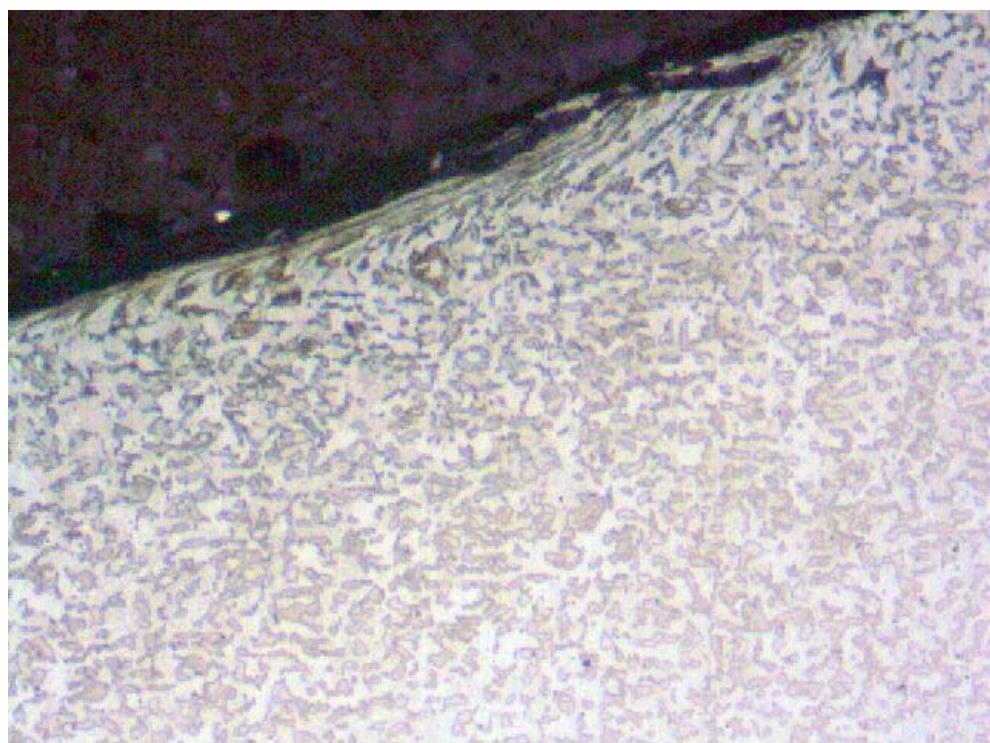


Figura 100 - Microestruturas da ferradura de esbarro do lado da borda em contato com o solo com aumento de 200x

Na Figura 100 podemos notar que, na região da borda em contato com o solo, houve perda de carbono. Além disso, ela apresenta uma deformação indicativa de um movimento recorrente, no caso, o esbarro. Os grãos foram alongados na direção em que ocorreu o atrito com o solo. Do lado direito podemos ver também uma parte que possivelmente iria se desprender, mas acabou dobrando. Na figura 101 a seguir, podemos ver com mais detalhes.

Já na figura 102, podemos ver outro trecho da ferradura de esbarro em contato com o solo. Nela, há algumas reentrâncias, causadas provavelmente por impacto em pedras ou estruturas similares.

Pelas características observadas nas micrografias, provavelmente trata-se de um aço 1045. Comparado com o 1020 das outras ferraduras de aço, o 1045 oferece maior dureza. Ele também possui maior resistência mecânica.

Após o uso, as ferraduras de esbarro apresentaram oxidação em ambas as superfícies, o que indica que não houve tratamento térmico superficial como aconteceu com a do Regimento.

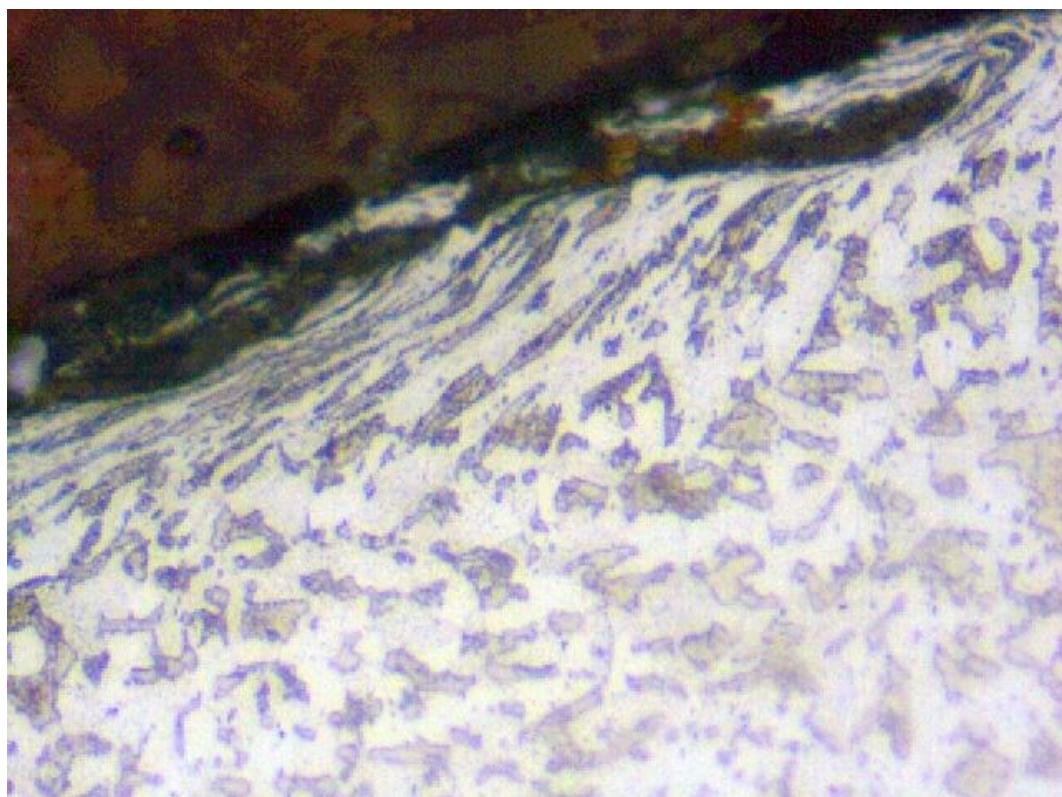


Figura 101 - Microestruturas da ferradura de esbarro do lado da borda em contato com o solo com aumento de 500x

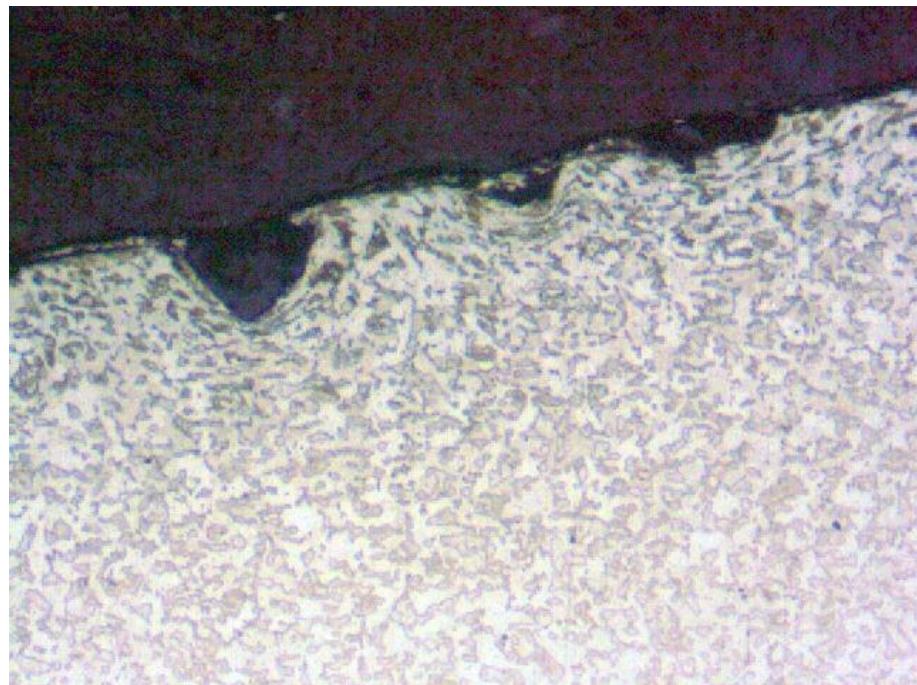


Figura 102 - Microestruturas da ferradura de esbarro do lado da borda em contato com o solo com aumento de 500x

A seguir, nas imagens obtidas através do Microscópio Eletrônico de Varredura, podemos observar a região em contato com o solo em que ocorreu deformação.

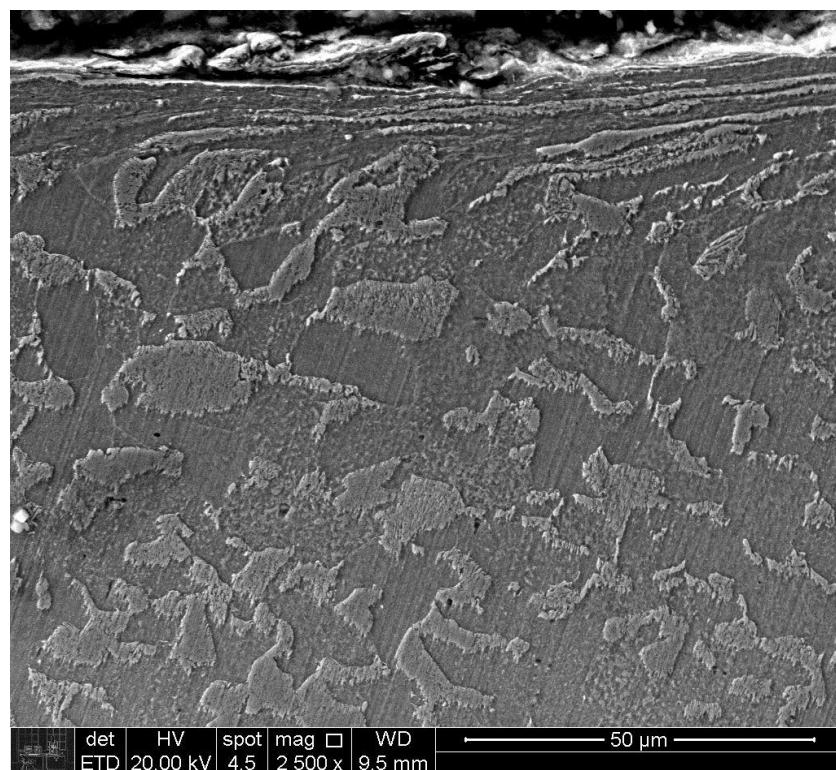


Figura 103 - Região de deformação da borda da ferradura de esbarro do lado da borda em contato com o solo obtida através de MEV

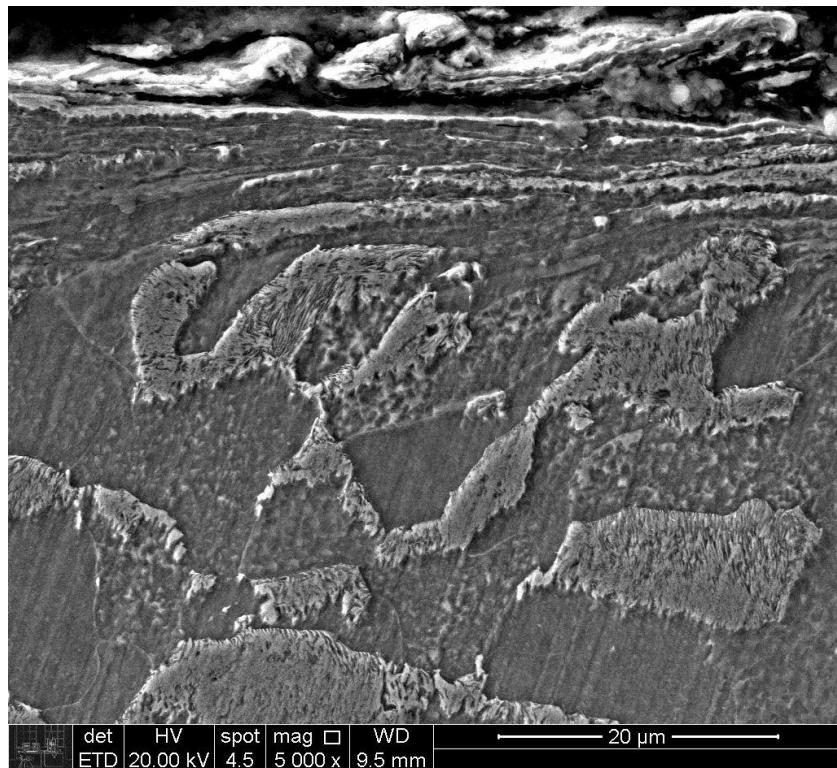


Figura 104 - Região de deformação da borda da ferradura de esbarro do lado da borda em contato com o solo obtida através de MEV

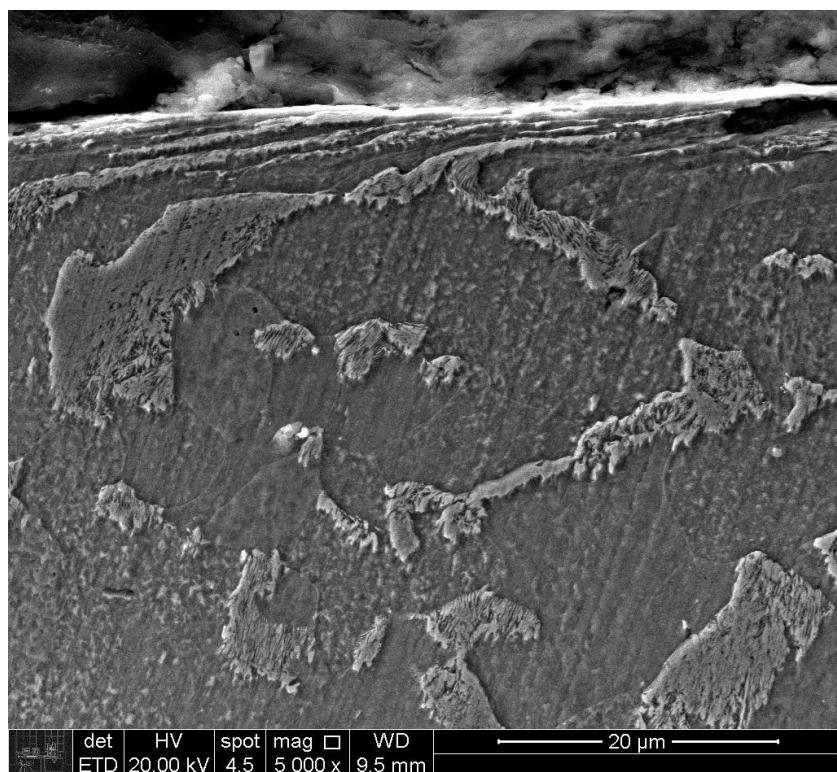


Figura 105 - Região de deformação da borda da ferradura de esbarro do lado da borda em contato com o solo obtida através de MEV

## 4.5 O cravo

### 4.5.1 As dimensões

As dimensões do cravo podem ser encontradas na Tabela 7, sendo que A é o maior lado da região central, B é a altura e C é o menor lado da região central, de acordo com a Figura 66.

Tabela 7 - Dimensões do cravo

Cravos		
Massa (g):		2,8
Dimensão (mm):	A =	2,9
	B =	47
	C =	2

### 4.5.2 O projeto

Os cravos atuais vendidos pela Mustad são do tipo E com cabeça retangular, variando de E1 (41mm) a E12 (77mm). Ao comparar o design e tamanho de ambos, podemos afirmar que o cravo comprado se encaixa no modelo comercializado atualmente.

### 4.5.3 As microestruturas

Para o cravo, foi possível observar as seguintes microestruturas no microscópio óptico (Figuras 106 a 110).



Figura 106 - Microestruturas dos cravos com aumento de 50x

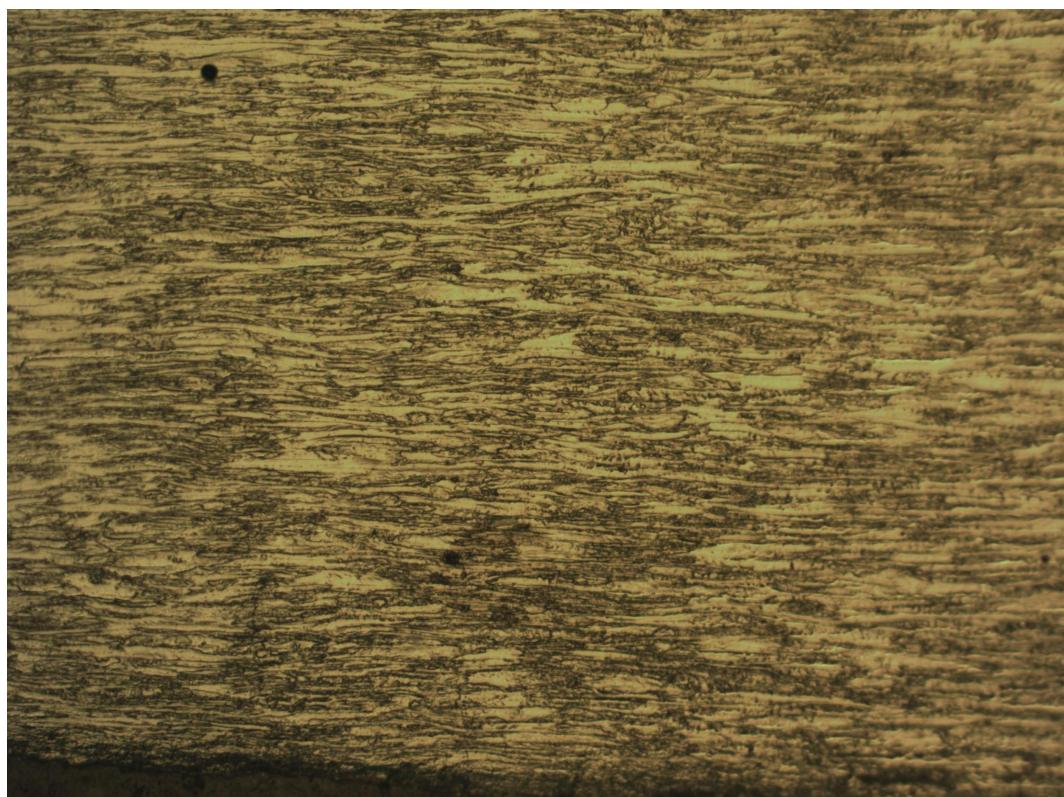


Figura 107 - Microestruturas dos cravos com aumento de 100x



Figura 108 - Microestruturas dos cravos com aumento de 200x

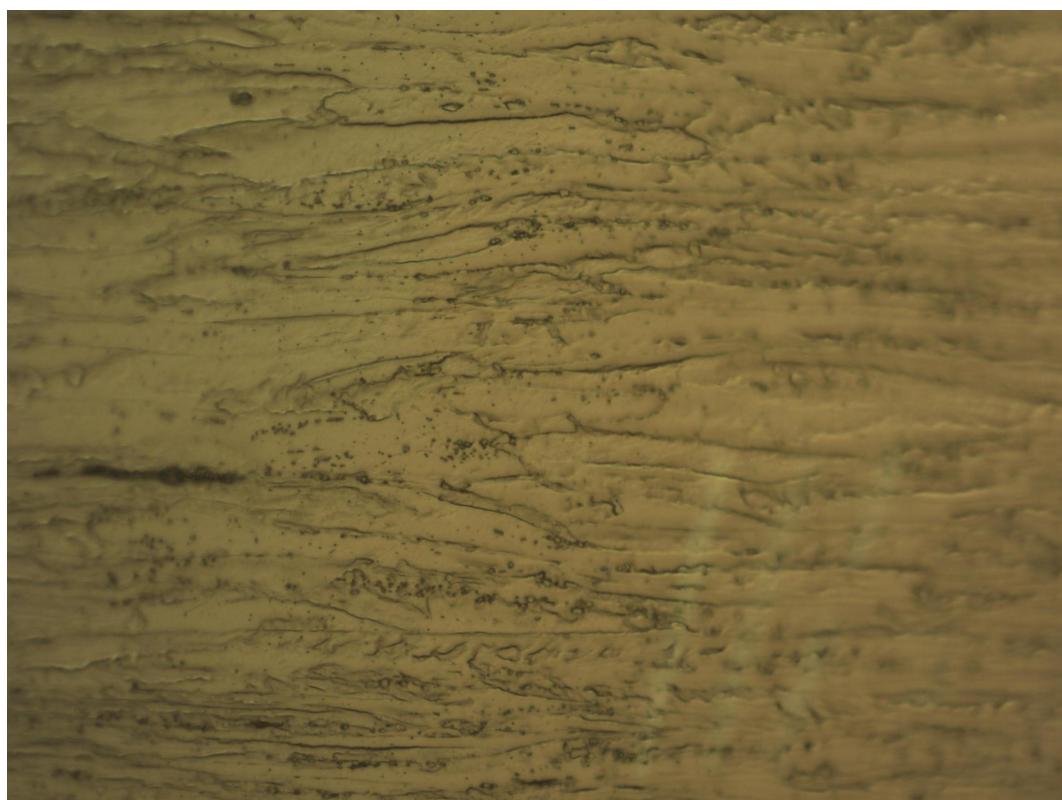


Figura 109 - Microestruturas dos cravos com aumento de 500x

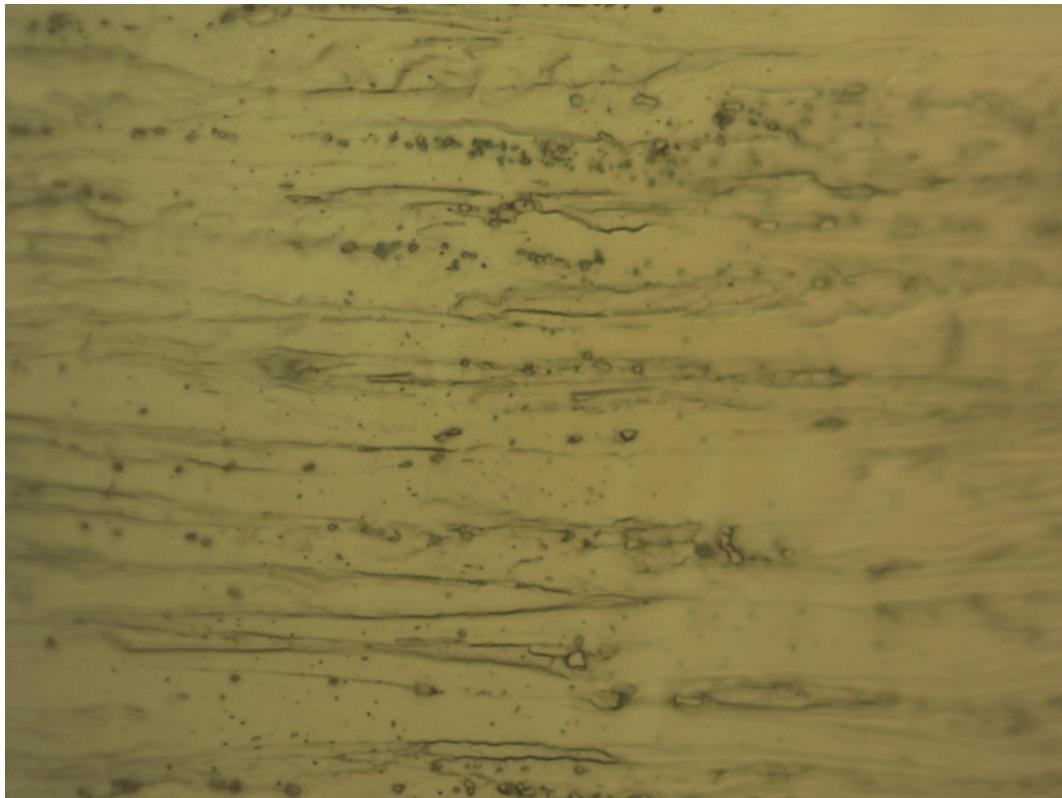


Figura 110 - Microestruturas dos cravos com aumento de 1000x

Ao observar as microestruturas das Figuras acima, verificamos que as fases presentes são a ferrita (região clara) e a austenita (região escura). Aqui, também estão presentes os reflexos das lâmpadas do laboratório. Podemos estimar se tratar de um aço 1006 deformado. Como a maioria dos cravos não sofrem abrasão, já que estão embutidos no casco, na craveira e protegidos pelo friso, não é necessário que tenha muita perlita e esse tipo de aço é suficiente. No caso da ferradura de esbarro, a fim de evitar muito desgaste na cabeça do cravo, já que esse modelo não possui friso, seria ideal utilizar um aço de alto carbono.

A partir das micrografias, é possível perceber que as ranhuras estão na horizontal, indicando que o processo de produção do cravo foi a laminação a frio. Esse processo causa o encruamento do aço e, consequentemente, seu endurecimento. A maior resistência ao produto final é importante para a durabilidade dos cravos, não acarretando em quedas das ferraduras.

## 5 CONCLUSÕES

A literatura sobre ferraduras e cravos do ponto de vista da Metalurgia é rara tanto no Brasil quanto no exterior, se limitando a informações advindas da experiência e de estudos inacabados contidos em cursos e apostilas. A maioria das fábricas de ferraduras do Brasil utiliza qualquer tipo de matéria prima, sem se atentar à porcentagem de carbono nas ferraduras de aço, por exemplo.

O aspecto da Medicina Veterinária, contudo, já é bem mais completo e rico em artigos e livros modernos a respeito dos cascos, suas doenças e a relação delas com o casqueamento e ferrageamento. Ainda há estudos envolvendo a biomecânica e as ferraduras do ponto de vista de seu design e suas dimensões, mas não sob a óptica da seleção de materiais. Assim, a revisão bibliográfica se baseou tanto em artigos científicos publicados em revistas quanto em apostila e na experiência de renomados ferradores.

Ao compararmos as ferraduras de aço e alumínio percebemos que a diferença de massa não é grande quando trazemos para o nosso cotidiano. Essa análise vai ao encontro de alguns estudos que indicam que ao trocar uma ferradura por outra de massa diferente, o cavalo irá sentir essa diferença somente nos primeiros dias, se acostumando com o novo peso nas patas depois de algum tempo, como acontece conosco quando trocamos o calçado.

A ferradura de aço (pesada), usada pelo Regimento, sofreu uma perda de massa similar à ferradura de aço (leve), usada pelo Amarillo. Contudo, ao observar a microestrutura da borda em contato com o solo, não há deformações tão intensas. Isso pode ser em decorrência da quantidade de desgaste que ocorreu na borda da ferradura em contato com o asfalto, do tempo que ela permaneceu no casco e, até mesmo, da pisada do cavalo. Para ter um resultado conclusivo sobre esse aspecto seria necessário um estudo envolvendo um número mais expressivo de amostras.

O desgaste da ferradura de esbarro não pôde ser medido, já que ela foi usada em 2017 e não temos suas dimensões antes do uso. Porém, observando as microestruturas da região em contato com o solo, é possível ver os grãos alongados, evidenciando o desgaste e a deformação causada pelo movimento do esbarro.

Além disso, pudemos perceber que a direção da deformação da ferradura, observada nas micrografias, é a mesma direção da força de atrito.

O aço dos cravos não é tão resistente quanto o aço das ferraduras, o que pode ser justificado pelo fato de os cravos estarem protegidos dentro das craveiras, dos frisos e dos

cascos. Contudo, em ferraduras sem frisos (como no caso das ferraduras de esbarro), esses cravos podem ficar mais suscetíveis ao desgaste e, nesse caso, seria interessante um aço mais resistente.

Em relação à corrosão, percebemos que ela não é significativa na ferradura. Durante o uso, os óxidos que aparecem na superfície são removidos com o desgaste e eles aparecem de forma visível somente após a remoção das ferraduras. Apesar de os cascos terem contato com ambientes úmidos como areia molhada ou barro, o tempo de exposição não é longo o suficiente para que ocorra a corrosão de maneira significativa enquanto as ferraduras estão sendo utilizadas.

Com esse estudo, podemos concluir que o desgaste varia de acordo com o uso, com o tipo de solo por onde o cavalo transita e também com a andadura de cada animal.

## REFERÊNCIAS

ACONTECE em Petrópolis: Fábrica completa 120 de tradição em Petrópolis. Disponível em: <<http://www.aconteceempetropolis.com.br/2015/06/28/fabrica-completa-120-de-tradicao-em-petropolis/>>. Acesso em: 24 nov. 2020.

BALDWIN, James. **Fifty Famous People**. New York: American Book Company, 1912.

BORTOLETTO, Murilo; MARINS, Aluísio. **TV UC - A importância do tamanho da ferradura**. Sorocaba, 18 abr. 2019. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=ZJjy9LuEINM&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=69](https://www.youtube.com/watch?v=ZJjy9LuEINM&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=69)>. Acesso em: 16 nov. 2020.

BORTOLETTO, Murilo; MARINS, Aluísio. **TV UC - Guarda casco, angulação da craveira e expansão do talão - técnicas de modificação**. Sorocaba, 20 jun. 2019. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=nZxf9SXAm84&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=58](https://www.youtube.com/watch?v=nZxf9SXAm84&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=58)>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BRANDES, E. A.; BROOK, G. B.. **Smithells Metals Reference Book In: Friction and wear**. 7. ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992. 1800 p. Disponível em: <<http://pmt.usp.br/academic/martoran/notassolidificacao/Smithells%20Metals%20Reference%20Book%207e.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2021.

BRITISH Library. ID: c13647-35. Disponível em: <<https://imagesonline.bl.uk/asset/6299>> Acesso em: 23 nov. 2020.

BUDRAS, Klaus-Dieter; SACK, W.O.; RÖCK, Sabine. **Anatomy of the Horse**. 5. ed. Frankfurt: Schlütersche, 2009. 208 p.

CALLISTER JR, William D.; RETHWISCH, David G. **Fundamentals of Materials Science and Engineering: an integrated approach**. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.

CASTELIJNS, Hans H.. **The Basics of Farriery as a Prelude to Therapeutic Farriery**. Veterinary Clinics Of North America: Equine Practice, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 313-331, ago. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cveq.2012.06.003>. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/230861907\\_The\\_Basics\\_of\\_Farriery\\_as\\_a\\_Prelude\\_to\\_Therapeutic\\_Farriery](https://www.researchgate.net/publication/230861907_The_Basics_of_Farriery_as_a_Prelude_to_Therapeutic_Farriery)>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CHALLONER, Jack et al. **1001 Invenções que Mudaram o Mundo**. Rio de Janeiro: Sextante, 2014.

CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Estudo do complexo do agronegócio cavalo**. Brasília, 2006.

COZZA, Ronaldo Câmara. **Estudo do Comportamento do Coeficiente de Desgaste e dos Modos de Desgaste Abrasivo em Ensaio de Desgaste Micro-Abrasivo**. 2006. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade

de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-31032008-101929/publico/1Ronaldo\\_Camara\\_Cozza\\_Dissertacao.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-31032008-101929/publico/1Ronaldo_Camara_Cozza_Dissertacao.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2021.

DÁLIA NETO, Luismar. **Principais Afecções do Pé Equino:** ocorrências registradas no Hospital Veterinário – CSTR/UFCG, Patos - PB, no período de 2000-2013. 86 f. Monografia (Especialização) - Curso de Medicina Veterinária, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2014. Disponível em: <[http://www.cstrold.sti.ufcg.edu.br/grad\\_med\\_vet/mono\\_2013\\_2/monografia\\_luismar\\_dalia\\_neto.pdf](http://www.cstrold.sti.ufcg.edu.br/grad_med_vet/mono_2013_2/monografia_luismar_dalia_neto.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2020.

D.V.M., Michael A Ball. **Understanding Basic Horse Care:** Your Guide to Horse Health Care and Management. Lexington: The Blood-Horse, 1999. 152 p.

FARIA, Maicon Bonini. **Avaliação do Equilíbrio Podal na Espécie Equina (Equus caballus).** 2010. 42 f. Monografia (Especialização) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/38785/000791971.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

FERRADURAS BRASIL. Catálogo de Produtos. Sorocaba, 2018. Disponível em: <[https://www.ferradurasbrasil.com.br/catalogo\\_fb2018\(001\)/catalogo2018.pdf](https://www.ferradurasbrasil.com.br/catalogo_fb2018(001)/catalogo2018.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2020.

FLINT KNAPPING TOOLS. Disponível em: <<https://www.flintknappingtools.com/misc.html>>. Acesso em: 27 nov. 2020.

FREEPIK. A blacksmith makes a horseshoe with a hot iron. Disponível em: <[https://www.freepik.com/premium-photo/blacksmith-makes-horseshoe-with-hot-iron\\_5115957.htm](https://www.freepik.com/premium-photo/blacksmith-makes-horseshoe-with-hot-iron_5115957.htm)>. Acesso em: 15 nov. 2020.

GABRILAITIS, Danilo; MARINS, Aluísio. **TV UC - Ferradura de alumínio Saint Croix.** Sorocaba, 14 mai. 2020. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=phGjODAreUc&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=83](https://www.youtube.com/watch?v=phGjODAreUc&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=83)>. Acesso em: 20 nov. 2020.

GABRILAITIS, Danilo; MARINS, Aluísio. **TV UC - O acabamento dos cravos.** Sorocaba, 2 jan. 2020. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=3CkpNXPQrxQ&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=60](https://www.youtube.com/watch?v=3CkpNXPQrxQ&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=60)>. Acesso em: 20 nov. 2020.

GABRILAITIS, Danilo; MARINS, Aluísio. **TVUC - Kit de ferramentas para o ferrador.** Sorocaba, 28 mar. 2019. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=JJnSg\\_KiUKQ](https://www.youtube.com/watch?v=JJnSg_KiUKQ)>. Acesso em: 16 nov. 2020.

HUGUET, Elodie E.; DUBERSTEIN, Kylee J.. Effects of Steel and Aluminum Shoes on Forelimb Kinematics in Stock-Type Horses as Measured at the Trot. **Journal Of Equine**

**Veterinary Science**, [S.L.], v. 32, n. 5, p. 262-267, maio 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jevs.2011.09.069>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S073708061100582X>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

**IBGE. Pesquisa pecuária municipal**. Brasília: IBGE, 2008. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em 13 nov. 2020.

**JACQUES**, Bayard Bretanha. **Registros da eficiência da equitação gaúcha**: primeiros escritos. 1. ed. Jaguarão: Autor, 2006. 138 p.

KHRUSCHOV, M.M.. Principles of abrasive wear. **Wear**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 69-88, abr. 1974. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1648\(74\)90102-1](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1648(74)90102-1). Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0043164874901021>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

KLEIST, Bill. **Farrier Products**: general production processes for horseshoe nails. General Production Processes for Horseshoe Nails. Disponível em: <<https://www.farrierproducts.com/farriery/NAArchives/featurearticles/feature4.html#top>>. Acesso em: 27 nov. 2020.

**LAROUSSE DOS CAVALOS**. 1. ed. São Paulo: Larousse do Brasil, 2016. 192 p. v. 1.

**LASCAUX**: Parietal art Themes (The Horse). Parietal art Themes (The Horse). Disponível em: <<https://archeologie.culture.fr/lascaux/en/themes-0>>. Acesso em: 23 nov. 2011.

**MAGALHÃES**, Henrique Inhauser Riceti. **Estojo Córneo da Falange Distal do Equino: Crescimento, Anatomia e Enfermidades**. São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, 2020. 23 slides, color.

**MAPA**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2016. **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camarassetoriais/equideocultura/anosanteriores/revisao-do-estudo-do-complexo-do-agronegocio-do-cavalo/view>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

**MARINS**, Aluísio. **Apostila de Ferrageamento da Universidade do Cavalo**. Sorocaba, [s.d.]. (Apostila)

**MARTÍN**, Laura Aragón. **Alternative Materials for the Horseshoe**. 2014. 106 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, University Of Skövde, Skövde, 2014. Disponível em: <<http://his.diva-portal.org/smash/get/diva2:777754/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2020.

**MATTHEIS BORG**. Catálogo de Produtos. Petrópolis, 2016. Disponível em: <<https://doczz.com.br/doc/215678/baixe-aqui-o-cat%C3%A1logo-de-produtos-mattheis-borg-atualizado>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

MELO, Hercílio Gomes de. **Corrosão Galvânica ou Bimetálica.** São Paulo: Pmt-Epusp, 2020. 27 slides, color. Disponível em:  
[<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3438430/mod\\_resource/content/1/Galvanica\\_HGM\\_2017.pdf>](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3438430/mod_resource/content/1/Galvanica_HGM_2017.pdf). Acesso em: 25 mar. 2021.

MOREIRA, Marcelo Ferreira. **Alumínio e suas ligas..** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2020. 102 slides, color.

MUSTAD: Cravo Mustad E. Produtos: cravos. Disponível em:  
[<https://www.mustad.com/pt\\_br/cravos/cravo-mustad-e>](https://www.mustad.com/pt_br/cravos/cravo-mustad-e). Acesso em: 20 nov. 2020.

MUSTAD: Equi-Librium. Produtos: ferraduras. Disponível em:  
[<https://www.mustad.com/pt\\_br/ferraduras/mustad-equilibrio>](https://www.mustad.com/pt_br/ferraduras/mustad-equilibrio). Acesso em: 20 nov. 2020.

**Mustad Hoofcare.** Facebook: @MustadHoofcare. Disponível em:  
[<https://www.facebook.com/MustadHoofcare>](https://www.facebook.com/MustadHoofcare). Acesso em: 20 nov. 2020.

NELSON Mandela Bay (Port Elizabeth): Horse Memorial. Horse Memorial. Disponível em:  
[\(<https://www.nmbt.co.za/listing/horse\\_memorial.html#lightbox\[Horse%20Memorial\]/1/>\)](https://www.nmbt.co.za/listing/horse_memorial.html#lightbox[Horse%20Memorial]/1/). Acesso em: 23 nov. 2020.

O'GRADY, Stephen e; A POUPARD, Derek. **Proper physiologic horseshoeing.** Veterinary Clinics Of North America: Equine Practice, [S.L.], v. 19, n. 2, p. 333-351, ago. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0749-0739\(03\)00020-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0749-0739(03)00020-8). Disponível em:  
[<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749073903000208>](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749073903000208). Acesso em: 13 nov. 2020.

PRAÇA dos Tropeiros / Monumento ao Tropeiro e ao Algodão. Elaborada pela Prefeitura de Sorocaba - Turismo. Disponível em:  
[\(<http://turismo.sorocaba.sp.gov.br/visite/praca-dos-tropeiros/>\)](http://turismo.sorocaba.sp.gov.br/visite/praca-dos-tropeiros/). Acesso em: 23 nov. 2011.

**REGIMENTO de Polícia Montada - 9 de Julho:** Cavalaria. São Paulo, 21 fev. 2020. Facebook: @cavalariafsp. Disponível em:  
[<https://www.facebook.com/cavalariafsp/photos/a.1265520130195883/2736700083077873>](https://www.facebook.com/cavalariafsp/photos/a.1265520130195883/2736700083077873). Acesso em: 23 nov. 2020.

RIBEIRO, José Hamilton. **Os Tropeiros:** diário da marcha. 1. ed. São Paulo: Globo, 2006. 175 p.

RY DISTRICT VETERINARIAN ZIPPELIUS. **Historical Development of the Horseshoe.** Scientific American Supplement. New York, p. 13083-13086. 12 set. 1891. Disponível em:  
[<http://www.gutenberg.org/files/14990/14990-h/14990-h.htm>](http://www.gutenberg.org/files/14990/14990-h/14990-h.htm). Acesso em: 16 nov. 2020.

SELARIA Dias. Disponível em: <<https://www.selariadias.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2020.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Equideocultura: manejo e alimentação.** Brasília: Senar, 2018. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/senar/colecao-senar>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

ST. CROIX FORGE: Turf Plate. Horseshoes. Disponível em:  
[<https://www.stcroixforge.com/en\\_br/horseshoes/aluminium-racing/stcroix-forge-turf-plate>](https://www.stcroixforge.com/en_br/horseshoes/aluminium-racing/stcroix-forge-turf-plate). Acesso em: 20 nov. 2020.

TAYLOR, William. Humans domesticated horses: new tech could help archaeologists figure out where and when. new tech could help archaeologists figure out where and when. Disponível em:  
[<https://theconversation.com/humans-domesticated-horses-new-tech-could-help-archaeologists-figure-out-where-and-when-131831>](https://theconversation.com/humans-domesticated-horses-new-tech-could-help-archaeologists-figure-out-where-and-when-131831). Acesso em: 2 mar. 2020.

TENÓRIO, Luiz Gustavo; MARINS, Aluísio. **TV UC - A ferradura ideal para cada modalidade**. Sorocaba, 8 aug. 2019. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em:  
[<https://www.youtube.com/watch?v=SWFa27rVsrQ>](https://www.youtube.com/watch?v=SWFa27rVsrQ). Acesso em: 16 nov. 2020.

TRINDADE, Márcia Franco. **A Importância do Casqueamento e Ferrageamento no Cavalo Atleta**. 2011. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011. Disponível em:  
[<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121621/tridente\\_mf\\_tcc\\_botfmvz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121621/tridente_mf_tcc_botfmvz.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 16 nov. 2011.

TENÓRIO, Luiz Gustavo; MARINS, Aluísio. **TV UC - Movimento do cavalo x ferraduras**. Sorocaba, 9 ago. 2018. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em:  
[<https://www.youtube.com/watch?v=XNuDStc1ceM&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=52>](https://www.youtube.com/watch?v=XNuDStc1ceM&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=52). Acesso em: 20 nov. 2020.

TENÓRIO, Luiz Gustavo; MARINS, Aluísio. **TV UC - O tipo de cravo para cada ferradura**. Sorocaba, 6 set. 2018. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em:  
[<https://www.youtube.com/watch?v=oBt8eEBSRo0&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=62>](https://www.youtube.com/watch?v=oBt8eEBSRo0&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=62). Acesso em: 20 nov. 2020.

TENÓRIO, Luiz Gustavo; MARINS, Aluísio. **TV UC - Peso da ferradura x movimentação do cavalo**. Sorocaba, 6 jun. 2018. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em:  
[<https://www.youtube.com/watch?v=8ZOed1YIs5I&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=35>](https://www.youtube.com/watch?v=8ZOed1YIs5I&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=35). Acesso em: 20 nov. 2020.

TENÓRIO, Luiz Gustavo; MARINS, Aluísio. **TV UC - Tipos de rampão**. Sorocaba, 22 aug. 2019. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em:  
[<https://www.youtube.com/watch?v=5H2URn0CkoA&list=PLXsb-xQT\\_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=127>](https://www.youtube.com/watch?v=5H2URn0CkoA&list=PLXsb-xQT_li0MgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=127). Acesso em: 19 nov. 2020.

TIPOS e aspectos do Brasil: excertos da Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro: Ibge, 1970. 504 p. Ilustração de Percy Lau. Disponível em:  
[<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv82362.pdf>](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv82362.pdf). Acesso em: 23 nov. 2020.

**Tropeiros.** 2006. Disponível em:

<<https://memoriaglobo.globo.com/jornalismo/jornalismo-e-telejornais/globo-rural/reportagens/tropeiros/>>. Acesso em: 13 nov. 2020.

TÚLIO, Carvalho; MARINS, Aluísio. **TV UC - A anatomia do casco.** Sorocaba, 7 mar. 2018. Elaborada pela TVUC da Universidade do Cavalo na série Na Ponta dos Cascos. YouTube: TVUC. Disponível em:

<[https://www.youtube.com/watch?v=7-Hsqcry-NM&list=PLXsb-xQT\\_lloMgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=12](https://www.youtube.com/watch?v=7-Hsqcry-NM&list=PLXsb-xQT_lloMgZB2a9VNA-kwXBUNTwg6&index=12)>. Acesso em: 23 nov. 2020.

VICENTE, Nuno Coelho. **Apontamentos Equestres.** São Paulo: Ophicina Books, 2003.

VÍDEO Institucional do Regimento de Polícia Montada "9 de Julho" exibido na homenagem prestada à Unidade na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. São Paulo: Regimento de Polícia Montada - 9 de Julho, 2017. (3 min.), son., Color. Disponível em:<<https://fb.watch/6AGFAVkJij/>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

WERNER, Harry W.. The Importance of Therapeutic Farriery in Equine Practice. **Veterinary Clinics Of North America:** Equine Practice, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 263-281, ago. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cveq.2012.05.005>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749073912000521?via%3Dihub>>. Acesso em: 23 nov. 2011.