

longitudinal para refrigeração, limpeza e remoção de fragmentos de solos provenientes da perfuração, Figura 10.

FIGURA 10 – Amostras a serem analisadas.

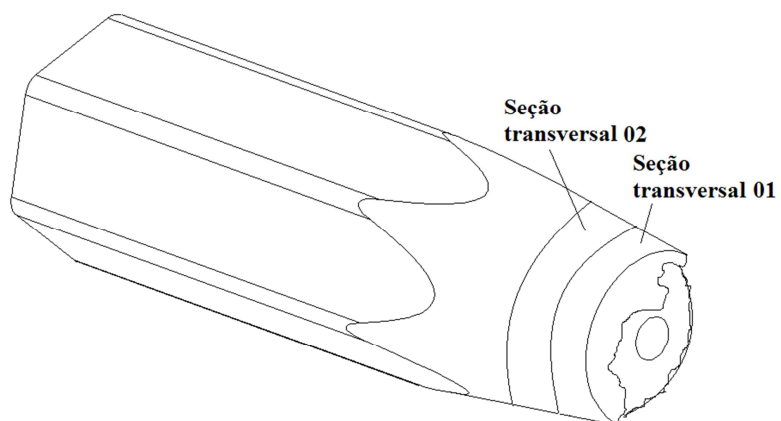


Fonte: Autor.

5.2. PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Seguiu-se a preparação das amostras para a análise química, análise de dureza, estereoscopia, metalografia e microscópio eletrônico de varredura ^[5,6]. Para isso as amostras foram cortadas em dez unidades, Figura 12, cinco da superfície de fratura, seção transversal 01, para estereoscopia e MEV e cinco para as demais análises, seção transversal 02, Figura 11.

FIGURA 11 – Vista isométrica da posição dos cortes para obtenção dos CPs.



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 12 – Amostras cortadas para análises.



Fonte: Autor, 2012.

5.3. ANÁLISE QUÍMICA

Foi realizada a análise química das amostras, na empresa SINOBRAS, onde se determinou a porcentagem de cada elemento químico que as compõe e os resultados da análise estão na Tabela. 01.

As amostras apresentaram composição química de aço-cromo-níquel, SAE 3325^[7], com porcentagem média de carbono em torno de 0,26 %, cromo 1,30 % e níquel 3,18 %. Com relação a propriedades químicas e físicas, o cromo atua como um antioxidante e aumenta a dureza da liga e resistência a desgaste por abrasão. O níquel melhora significativamente a capacidade de têmpera, possibilitando redução da velocidade de resfriamento, além de elevar à dureza do aço e aumentar a resistência à abrasão.

Considerando a ferramenta analisada, haste para brocas, os elementos de maior relevância, apresentados na tabela 01, são: o carbono, o cromo, o níquel e o manganês, pois estes elementos são os responsáveis pelas principais características do aço, como por exemplo, resistência à tração, torção, abrasão, corrosão, entre outras ^[8].

Aços com aproximadamente de 12% de cromo têm elevada resistência à corrosão a vários ácidos. O cromo também aumenta a resistência à tração, em

média 80 MPa para cada 1% de cromo, melhora a temperabilidade, aumenta a resistência em trabalhos a quente e ao desgaste por abrasão. O níquel aumenta a resistência à tração dos aços, no entanto, o limite de elasticidade é o mais favorecido. Melhora significativamente a temperabilidade, possibilitando redução da velocidade de resfriamento. Também, o níquel altera a alotropia do ferro e teores acima de 25% fazem reter a austenita em temperaturas usuais, fazendo um aço austenítico, que é não magnético e bastante resistente à corrosão. Em combinação com o cromo, o aço pode ser austenítico com teores de 18% Cr e 8% Ni. Quanto ao manganês, em média, para cada 1%, a resistência à tração aumenta 100 MPa. Para aços temperáveis, aumenta a dureza após o processo de têmpera.

TABELA 01 – Análise química das amostras.

Composição							
CP	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mg
1	0,264	0,403	0,661	-	0,060	1,342	0,260
2	0,260	0,229	0,657	0,063	0,019	1,332	0,216
3	0,291	0,343	0,661	0,006	0,018	1,317	0,239
4	0,244	0,272	0,663	0,009	0,013	1,302	0,231
5	0,265	0,312	0,660	0,026	0,027	1,323	0,237

Fonte: Autor, 2012.

Cont. TABELA 01 – Análise química das amostras.

Composição								
CP	Ni	V	Al	Cu	Ti	Nb	Sn	N
1	3,262	-	-	-	-	-	-	-
2	2,896	0,005	0,048	0,170	0,004	0,003	0,010	0,002
3	3,249	0,005	0,043	0,122	0,002	0,003	0,007	-
4	3,350	0,004	0,235	0,129	0,001	0,003	0,007	0,004
5	3,189	0,005	0,109	0,140	0,002	0,003	0,008	0,003

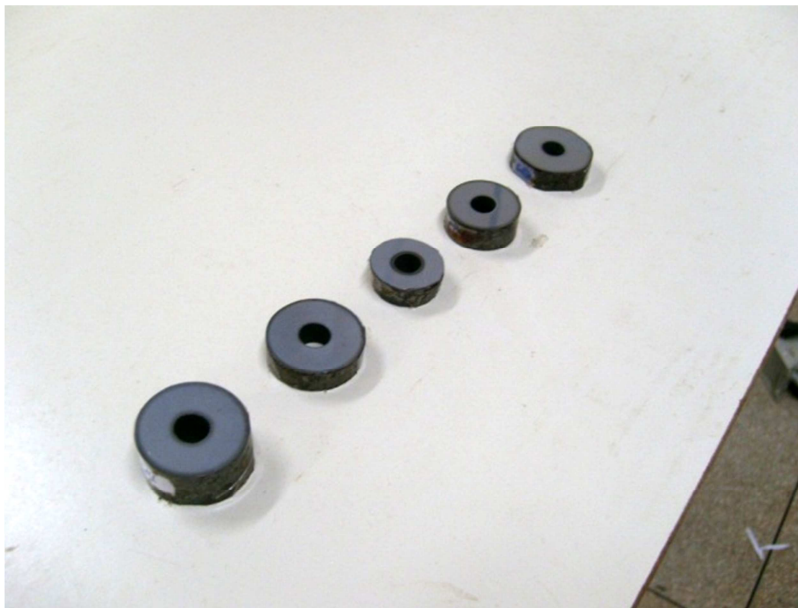
Fonte: Autor, 2012.

5.4. METALOGRAFIA

Nesta etapa teve-se a preparação das amostras para a análise metalográfica. Assim, seguiu-se: lixamento (com sequência de lixa 100, 220, 340, 400, 600, 800 e 1200), polimento (as amostras foram polidas utilizando uma sequência de pastas

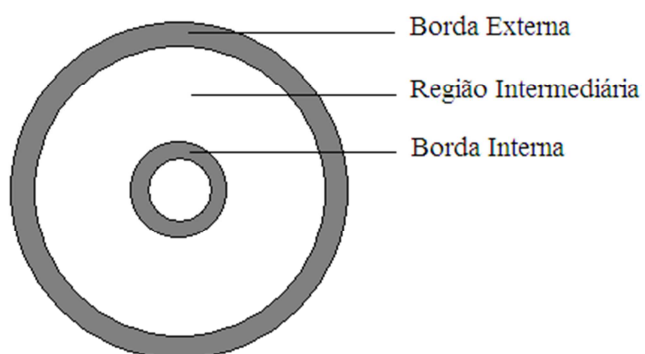
diamantadas de 9, 6, 3 e 1 micro) e ataque com Nital 2% ^[9,10] por 7 seg., Figura 13. Em seguida, as amostras foram levadas para a microscopia ótica, onde pode se observar microestruturas diferentes para as hastes, como mostra as Figuras de 15 a 19.

FIGURA 13 – corpo de prova com ataque nital 2%.



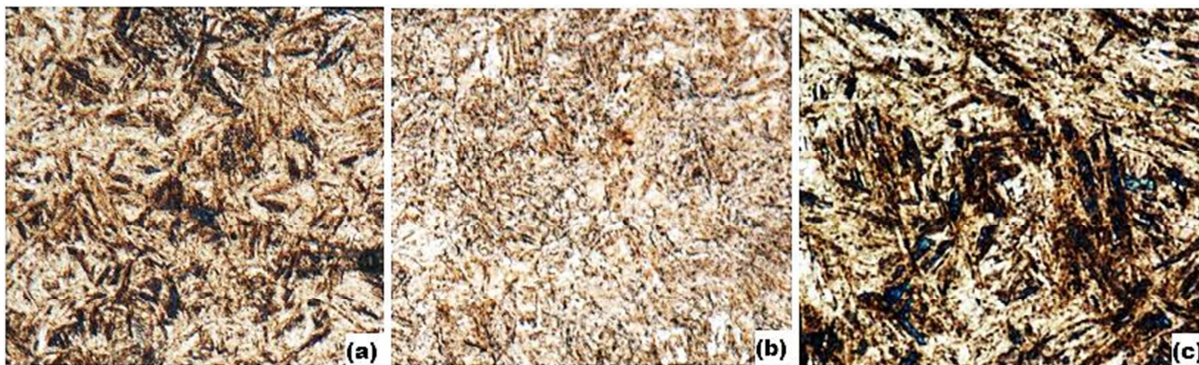
Fonte: Autor, 2012.

Figura 14 – Esboço da macrografia com camada cementada.



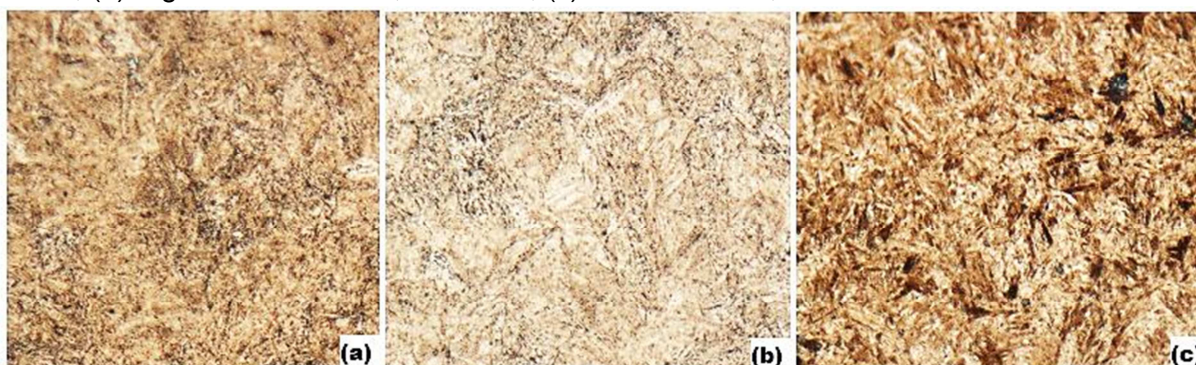
Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 15 – Melatografia CP1 Aumento 1000x (a) borda interna, martensita com austenita retida; (b) região intermediária, austenita; (c) borda externa, martensita com austenita retida.



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 16 – Melatografia CP2 Aumento 1000x (a) borda interna, martensita com austenita retida; (b) região intermediária, austenita; (c) borda externa, martensita com austenita retida.



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 17 – Melatografia CP3 Aumento 1000x (a) borda interna, martensita com austenita retida; (b) região intermediária, austenita; (c) borda externa, martensita com austenita retida.



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 18 – Metalografia CP4 Aumento 1000x (a) borda interna, martensita; (b) região intermediária, austenita com perlita; (c) borda externa, martensita com austenita retida.



Fonte: Autor, 2012.

Figura 19 – Metalografia CP5 Aumento 1000x (a) borda interna, martensita com austenita retida; (b) região intermediária, austenita; (c) borda externa, martensita.



Fonte: Autor, 2012.

A partir da análise foi possível identificar um padrão de microestrutura para os corpos de prova. Na borda interna e externa, devido o processo de cementação e têmpera, há formação de martensita, no entanto, a maioria das hastes apresenta martensita com austenita retida, ou seja, não transformada em martensita, e a quantidade de austenita retida aumenta na direção das superfícies, isso se deve a grande intensidade da transferência de calor. A região intermediária apresenta martensita com perlita fina, proveniente do processo de normalização.

No entanto, os tratamentos superficiais não foram eficientes para alguns corpos de provas. O CP4 não foi tratado termicamente na borda interna, Figura 18, e o CP5 não apresentou tratamento na borda externa, pois o mesmo teve a extremidade da haste usinada, Figura 19. No CP1 e no CP3 observou-se cementação e têmpera nas duas bordas, Figura 15 e 17, respectivamente, o CP2

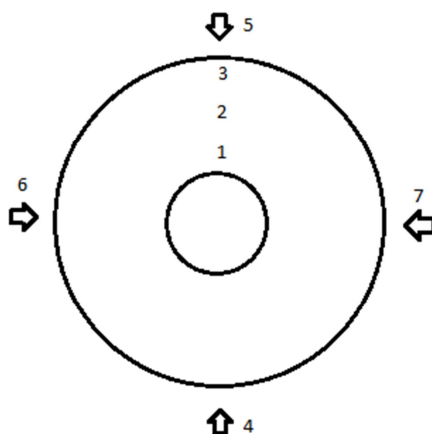
teve cementação e tempera nas bordas, no entanto, a borda interna apresentou uma camada de tratamento muito fina, cerca 0,5 mm, Figura 16.

Com base nos tratamentos térmicos e termoquímicos, as CP's foram divididas em quatro zonas de dureza, Figura 14, a primeira, refere-se à borda interna, a segunda a região intermediária da amostra com a dureza da matriz, a terceira a borda externa e a quarta a superfície externa da haste. A borda interna tem dureza média 345 HV, o meio da amostra, dureza média de 248 HV, na borda externa, dureza média de 294 HV, exceto para o CP5 que apresentou na borda interna, meio e externa, dureza média de 481, 354 e 534, respectivamente. Na superfície as CP's têm uma média de 632 HV, exceto para o CP4, que no ponto 4, tem dureza de 900 HV, Figura 21.

5.5. ENSAIO DE DUREZA

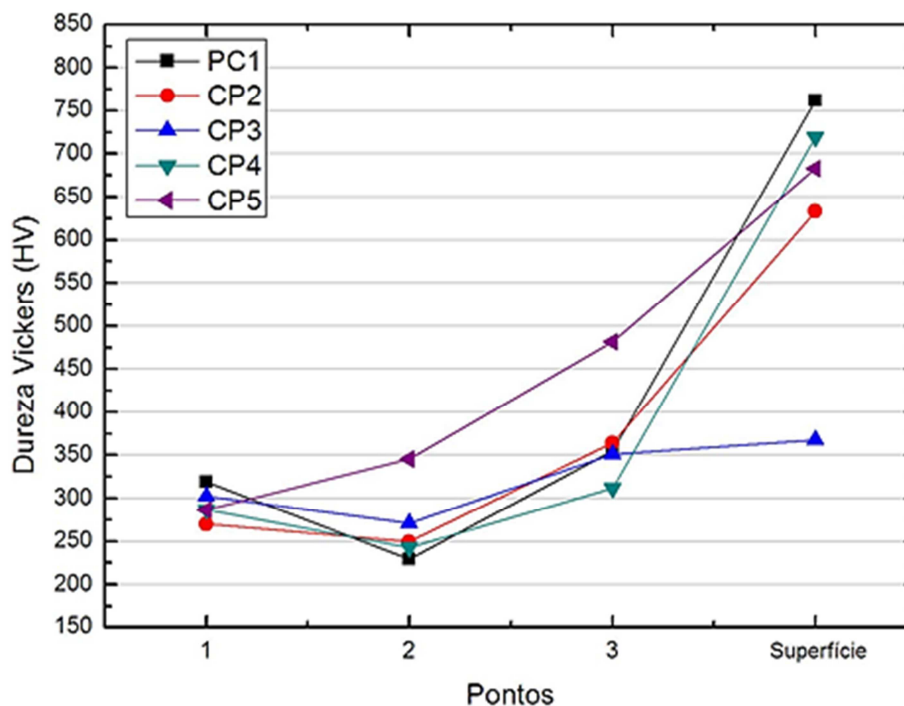
A microdureza Vickers^[11] foi realizada após a análise metalográfica a partidas das mesmas amostras. E seguindo o sistema de amostragem da Figura 20.

FIGURA 20 – Esquema de indentações para dureza.



Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 21 – Gráfico de Médias de Microdureza Vickers – HV.



Fonte: Autor, 2012.

As amostras apresentaram durezas parecidas, as camadas cementadas apresentaram dureza em torno de 357 HV, na matriz apresentaram dureza média de 267 HV, vale ressaltar que a amostra CP5 apresentou maior dureza, pois no ponto 1, 2 e 3 os valores foram de 481,5, 345,5 e 534 HV, respectivamente. Quanto à superfície externa apresentou dureza média de 632 HV.

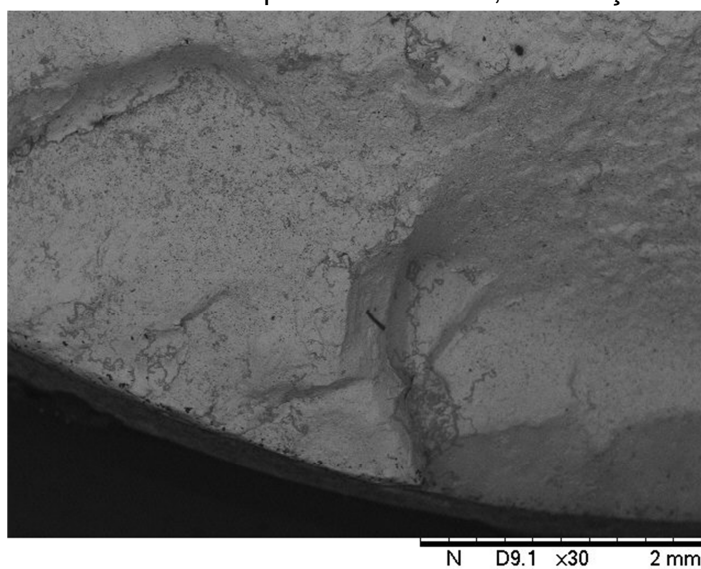
Grandes durezas não correspondem à grande resistência à fadiga, pois, um material muito duro é também um material frágil, as hastes têm grande dureza superficial e irregular, a exemplo o CP4. Elevada dureza dá ao material grande resistência à tração, no entanto, para torção e flexão, que são exemplo de solicitações nas quais as hastes estão submetidas, alta dureza é indesejável. Esses valores de durezas na superfície podem ser corrigidos com o tratamento térmico revenimento que além de reparar a fase martensita, alivia tensões internas provenientes do processo de fabricação^[3,4].

5.6. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

Foi realizado MEV das superfícies de fratura onde se observou fratura frágil para todos os corpos de prova^[5].

O corpo de prova CP1, pode-se observar superfície levemente rugosa e em sua borda externa cementada e temperada, a formação de degraus ascendentes no sentido da rotação da haste. Além disso, podem-se observar inclusões na superfície da fratura.

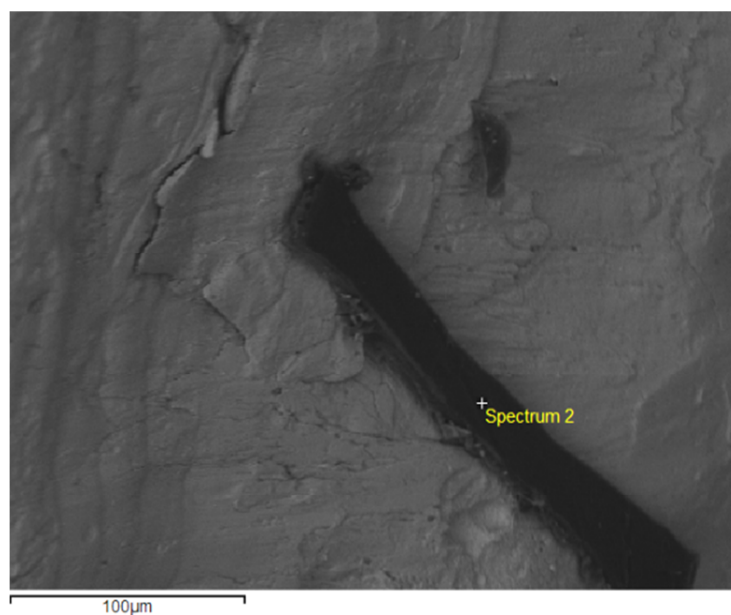
FIGURA 22 - Inclusão na superfície da fratura, e formação de degraus.



UFPA-FEMAT

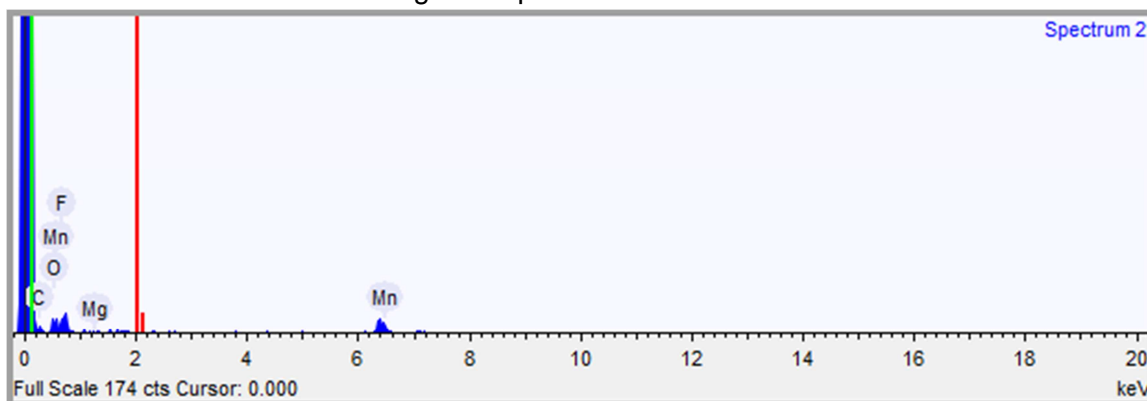
Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 23 - Detalhes da inclusão com microtrincas partindo de seus contornos. E o ponto onde foi realizado o EDS.



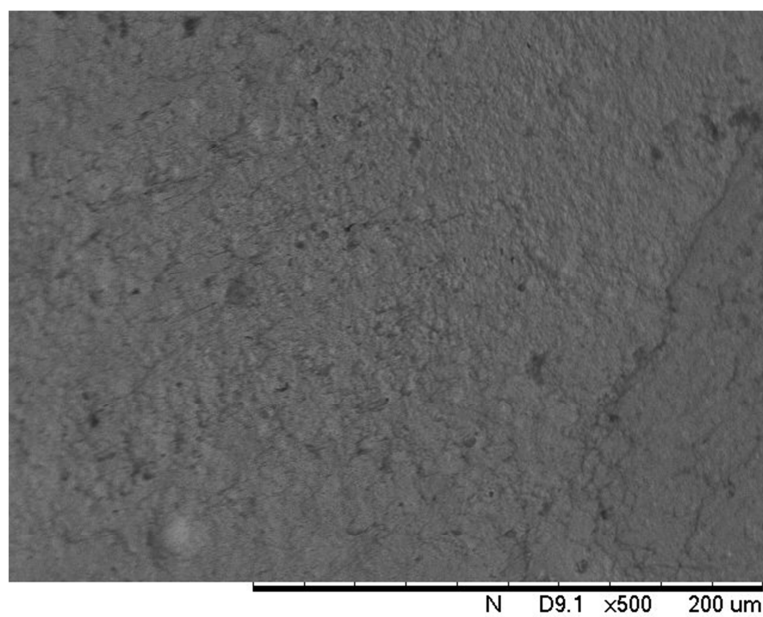
Fonte: Autor, 2012.

FIGURA 24 - Gráfico spectrum mostra uma quantidade considerável de manganês aproximadamente de 0.149 %.



Fonte: Autor, 2012.

Figura 25 - Detalhe da rugosidade da superfície.



UFPA-FEMAT

Fonte: Autor, 2012.

O corpo de prova CP2, apresentou superfície com rugosidade mais grosseira, inclusões e microtrincas em suas superfícies.