

UTILIZAÇÃO DE FERRO FUNDIDO NODULAR AUSTEMPERADO EM PONTEIRAS SULCADORAS DE ADUBO DE SEMEADORAS DE PLANTIO DIRETO

USE OF AUSTEMPERED DUCTILE IRON IN FERTILIZER FURROW OPENERS OF NO-TILL PLANTERS

Antônio Lilles Tavares Machado; Amauri Cruz Espírito Santo; Vílson João Batista; Ângelo Vieira dos Reis; Roger Toscan Spagnolo.

RESUMO

Na semeadura direta em função da não mobilização do solo e da ocorrência de compactação, devido ao tráfego de máquinas, são empregados mecanismos de hastes como sulcadores para a deposição de fertilizantes. Entretanto, um problema preocupa fabricantes e consumidores, o qual diz respeito ao rápido desgaste sofrido pelas ponteiras das hastes sulcadoras, provocando modificação na sua configuração geométrica, comprometendo assim sua eficiência de trabalho. O estudo dos mecanismos de desgaste referentes aos materiais utilizados em máquinas agrícolas é fundamental para a otimização da escolha dos mesmos e para a previsão da sua durabilidade. Pesquisas têm demonstrado que os solos arenosos são os que apresentam maior abrasividade, entretanto, até o momento, existem raros estudos que quantificam como ocorre o desgaste nestas ferramentas. O objetivo deste trabalho foi quantificar e estimar a vida útil das ponteiras de sulcadores de uma semeadora de plantio direto, trabalhando em solo arenoso, utilizando como material alternativo o Ferro Fundido Nodular Austemperado (ADI). Os resultados demonstraram que as ponteiras confeccionadas em ADI apresentaram um acréscimo na sua vida útil em torno de 27% quando compradas as ponteiras comerciais confeccionadas em Aço SAE1060-forjado.

Palavras-Chave: abrasão, planossolo, máquina agrícola

SUMMARY

In no-till seeding in function of the absence of internal soil movement and the occurrence of compaction, due to machinery traffic the use of chisels as fertilizers furrow openers became usual. However, a problem worries manufacturers and consumers, which is the fast wearing of the tips in the chisel furrow openers, causing changes in its geometric design, thus compromising its working efficiency. The study of the mechanisms of wear of the materials used in agricultural machines is a basic issue for material selection and for the forecast of their durability. Reports have described that sand soils present great abrasiveness, however, up to now, little is known about quantifying the way the wear occurs in these tools. The objective of this work was to quantify and estimate the useful life of the no-till chisel type furrow openers, working in sand soils, using as alternative material the Austempered Ductile Iron (ADI). The results demonstrated that the tips made of ADI present longer useful life (27% more) when compared with those made of forged SAE1060 steel.

Key Words: abrasion, albaqualf, agricultural machinery.

(Recebido para Publicação em 13/09/2006, Aprovado em 03/12/2008)

INTRODUÇÃO

De acordo com Machado et al. (2005), o ato de semear visa colocar, no solo, uma determinada quantidade de sementes, de maneira que a cultura implantada apresente as melhores condições de desenvolvimento e produtividade. Para que isto ocorra, é necessário seguir as recomendações agrônômicas, principalmente no que se refere à densidade, espaçamento e profundidade de deposição das sementes.

Pode-se definir a semeadora como sendo a máquina agrícola cuja função é colocar, no solo, os mais variados tipos de sementes, dentro da densidade, espaçamento e profundidade recomendados para o pleno desenvolvimento produtivo da cultura de maneira que as sementes não sejam danificadas.

O sistema chamado "plantio direto" trata-se de um sistema de produção conservacionista, que se contrapõe ao sistema tradicional de manejo. Envolve o uso de técnicas para produzir, preservando a qualidade ambiental e fundamenta-se na ausência de preparo do solo e na cobertura permanente do terreno através da rotação de culturas. Apresenta como vantagens, a tendência de redução da erosão, melhoria dos níveis de fertilidade do solo, manutenção ou aumento da quantidade de matéria orgânica e redução dos custos de produção, por permitir a melhor racionalização no uso de máquinas, possibilitando que diferentes culturas sejam implantadas nas épocas recomendadas proporcionando estabilidade na produção e melhoria de vida do produtor rural e da sociedade (EMBRAPA, 2004).

As máquinas para plantio direto são praticamente iguais aquelas para semeadura convencional, diferenciando-se, normalmente, quanto ao seu mecanismo sulcador. Como esse sistema prevê a semeadura sem o trabalho inicial de preparo do solo, as semeadoras necessitam abrir o sulco para deposição da semente, estando o terreno mais adensado e com grande quantidade de cobertura vegetal (Machado et al., 2005).

Em função da tendência natural à acomodação da superfície dos solos na semeadura direta e da ocorrência

de compactação, em consequência do curto período disponível entre a colheita de uma cultura e a semeadura subsequente, emprega-se, nas semeadoras de plantio direto, hastes como mecanismos responsáveis pela abertura do sulco para a deposição de fertilizantes. Conforme Araújo et al. (2001), a melhor haste é aquela que consegue penetrar com facilidade no solo mais endurecido superficialmente, típico do sistema de plantio direto. O desempenho da haste depende de vários fatores, tais como velocidade de operação, posição em relação aos demais sulcadores da semeadora, condições de solo (densidade do solo, teor de umidade e resistência à penetração), nível de aderência do solo e das características geométricas da própria haste.

Um problema maior vem preocupando fabricantes e consumidores, o qual diz respeito ao rápido desgaste sofrido pelas ponteiras dos sulcadores o que provoca a modificação na sua configuração geométrica, comprometendo sua eficiência de trabalho.

Equipamentos que interagem diretamente com o solo demandam a busca de materiais de maior durabilidade e de menor custo. Por estas razões, há uma necessidade contínua de se pesquisar novos materiais e avaliá-los, em condições de serviço. O estudo dos mecanismos de desgaste dos materiais utilizados em implementos agrícolas é fundamental para a otimização da escolha dos mesmos e para a previsão da sua durabilidade (Fernandes et al., 2002). Pesquisas têm demonstrado que os solos arenosos são os que apresentam maior abrasividade, entretanto, até o momento, existem raros estudos que quantificam como ocorre o desgaste nas ferramentas de mobilização do solo.

A avaliação e a previsão correta da durabilidade de peças de corte do solo são fatores decisivos para a operação apropriada das máquinas agrícolas (Owsiak, 1999). Segundo Bhole & Yu (1992), o desgaste abrasivo é o que melhor descreve a remoção de material de uma superfície sólida pela ação do solo. A fricção entre duas superfícies rugosas de diferentes durezas provoca a retirada de material da mais macia, sem que haja a posterior adesão

deste à outra superfície de maior dureza, ou seja, a ação do atrito do solo sobre as ferramentas de preparo (ponteiros sulcadoras), origina o desgaste desta última.

De acordo com Gill & Vanden Berg (1968); Kepner et al. (1972), a pressão na superfície, o tempo de duração e a velocidade do contato são fatores importantes no desgaste por abrasão. Além disto, propriedades e características dos materiais constituintes das ferramentas, como a sua composição química e, conseqüentemente, sua resistência mecânica, resistência à propagação de fissuras, dureza e aptidão aos tratamentos térmicos devem ser considerados. Da mesma forma, no solo, a textura e o teor de água presentes, revestem-se de significativa importância.

O objetivo deste trabalho foi quantificar e estimar a vida útil das ponteiros dos sulcadores de uma semeadora de plantio direto, utilizando como material alternativo o Ferro Fundido Nodular Austemperado, ADI (*Austempered Ductile Iron*), àquele comercialmente utilizado que é o aço SAE1060-forjado. A escolha do ADI como material deveu-se ao fato de que o mesmo oferece características excelentes de tenacidade e ductilidade. Também apresenta excelente dureza e resistência à fadiga associada ao seu baixo custo (Ahmadabadi et al. 1999) e (Wang et al. 1999).

MATERIAL E MÉTODOS

Realizaram-se trabalhos no campo e em laboratório. As atividades de campo foram executadas na área da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), município de Capão do Leão, RS, latitude 31° 52' 00" sul, e longitude 52° 21' 24" oeste. O solo pertence à unidade de mapeamento Pelotas, denominado de Planossolo Hidromórfico, Streck et al. (1999). Foram coletadas amostras de solo, num total de 14, para a obtenção de seu teor de água, caracterizar sua textura, densidade e índice de plasticidade. Os atributos físicos do solo, utilizados na pesquisa, foram obtidos através dos procedimentos padronizados adotados pelo Laboratório de Física do Solo, do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM) da UFPel.

A semeadora da marca Vence-Tudo modelo SA9400, foi tracionada a uma velocidade média de 1,39m s⁻¹, por um trator marca Massey Ferguson modelo 660-TDA com 112kW de potência no motor, e compunha-se de nove linhas espaçadas a 0,45 m cada. Foram selecionadas oito linhas da máquina, com quatro ponteiros fabricados em aço SAE1060-forjado (ferramentas originais), nomeadas como S1, S2, S3 e S4, e quatro fabricados em ADI, nomeadas como A1, A2, A3 e A4, com as mesmas dimensões geométricas das ferramentas originais. Verificaram-se, portanto, os resultados médios de desgaste de oito corpos de prova.

Para obter-se o desgaste na ponteira do sulcador de adubo trabalhou-se com as mesmas a uma profundidade média de 0,12 m em até 12 h. As etapas para a retirada das ponteiros e análise de sua área frontal e lateral foram; posteriormente à primeira meia hora de trabalho, após a primeira hora de trabalho e de hora em hora trabalhada até atingir-se às 12 horas de trabalho. A cada período trabalhado as ponteiros foram retiradas das hastes, encaminhadas ao Laboratório de Máquinas Agrícolas do Departamento de Engenharia Rural (DER) da FAEM-UFPel, procedendo-se sua limpeza, a fim de eliminar-se qualquer vestígio de solo ou outro material. Posteriormente à limpeza, as ponteiros foram fotografadas com câmera fotográfica digital marca Sony modelo Cyber-shot (2,1 Mpixel de resolução), a fim de quantificar-se sua variação geométrica (área frontal e lateral). Para a elaboração das fotografias das ponteiros, confeccionou-se um gabarito apropriado, com fundo em papel milimetrado, a fim de que as peças fossem fixadas sempre na mesma posição, figura 1, criando-se então, parâmetros de medida e cotas de origem. Desta forma, por meio do desenho em programa de CAD (*computer aided design*), obteve-se a variação geométrica das ponteiros e sua área remanescente a cada período trabalhado, utilizando-se o comando "area" deste programa. Com os resultados da variação geométrica, por período trabalhado, calculou-se a perda percentual relativa à área lateral e frontal de cada ferramenta, sendo então possível executar-se a

comparação entre o desgaste sofrido pelas ponteiras fabricadas com aço SAE1060-forjado com aquelas fabricadas em ADI, em idênticos períodos de utilização. Os dados assim obtidos foram analisados por análise de

variância, segundo um delineamento completamente casualizado com quatro repetições (ponteiras) e teste de comparação de médias de Tukey ($P \leq 0,01$).



Figura 1 – Exemplo de fotografia digital de uma ponteira, vistas lateral e frontal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios referentes a textura do solo foram: areia $0,732\text{kg kg}^{-1}$; silte $0,167\text{kg kg}^{-1}$ e argila $0,101\text{kg kg}^{-1}$, caracterizando este solo, quanto a sua granulometria como franco arenoso (Oliveira et al., 1992). Os limites, inferior e superior de plasticidade foram respectivamente, $0,1918\text{kg kg}^{-1}$ e $0,2173\text{kg kg}^{-1}$, sendo o índice de plasticidade igual a

$0,0254\text{kg kg}^{-1}$. A densidade média do solo foi de 1.649kg m^{-3} . O teor de água médio foi de $0,13\text{kg kg}^{-1}$, caracterizando o solo em seu estado de friabilidade.

Na tabela 1 são apresentados os dados referentes à variação da área frontal e sua perda percentual acumulada, por etapa trabalhada, para as ponteiras fabricadas em aço SAE1060-forjado.

Tabela 1 – Variação da área frontal das ponteiras fabricadas em aço SAE1060-forjado.

Horas	Área Frontal (mm^2)							Área remanescente (%)	Perda acumulada (%)
	Ponteira						σ		
	S1	S2	S3	S4	Média				
0,0	1159,1	1169,2	1128,7	1142,2	1149,8	17,9	100,00	0,00	
0,5	1125,1	1147,1	1114,5	1104,2	1122,7	18,4	97,65	2,35	
1,0	1100,8	1115,1	1082,2	1062,3	1090,1	22,9	94,81	5,19	
2,0	1069,6	1074,8	1006,5	1034,4	1046,3	32,0	91,00	9,00	
3,0	1033,6	1015,7	981,5	989,5	1005,1	24,0	87,41	12,59	
4,0	990,5	971,3	945,7	945,6	963,3	21,8	83,78	16,22	
5,0	917,1	910,1	902,5	918,8	912,1	7,4	79,33	20,67	
6,0	809,7	826,9	793,8	822,1	813,1	14,8	70,72	29,28	

7,0	752,5	754,3	775,5	764,7	761,8	10,6	66,25	33,75
8,0	664,4	700,4	701,1	699,1	691,3	17,9	60,12	39,88
9,0	587,2	621,1	620,1	626,4	613,7	17,9	53,37	46,63
10,0	504,1	590,4	560,2	591,1	561,5	40,9	48,83	51,17
11,0	369,4	495,1	431,1	492,8	447,1	59,7	38,89	61,11
12,0	304,4	434,4	367,7	419,5	381,5	58,8	33,18	66,82

Na tabela 2 tem-se o valor da variação da área lateral das ponteiros fabricadas em aço SAE1060-forjado e sua perda percentual acumulada para cada uma das etapas trabalhadas.

Através das tabelas 1 e 2 foi possível a montagem da tabela 3 na qual se tem a perda média percentual das áreas frontal e lateral por etapa de trabalho para as ponteiros confeccionadas em aço SAE1060-forjado.

Tabela 2 – Variação da área lateral das ponteiros fabricadas em aço SAE1060-forjado.

Horas	Área Lateral (mm ²)						Área remanescente (%)	Perda acumulada (%)
	Ponteira							
	S1	S2	S3	S4	Média	σ		
0,0	1268,1	1133,2	1339,9	1338,1	1157,3	97,0	100,00	0,00
0,5	1220,5	1085,3	1273,8	1305,7	1114,7	97,3	96,31	3,69
1,0	1202,8	1057,5	1241,9	1259,1	1080,4	91,6	93,35	6,65
2,0	1222,8	1032,2	1220,7	1224,7	1050,5	95,3	90,77	9,23
3,0	1173,8	991,2	1190,8	1167,1	1010,5	93,6	87,31	12,69
4,0	1073,9	924,2	1150,9	1124,6	965,8	101,3	83,39	16,61
5,0	973,9	832,8	1078,4	1034,2	877,3	107,0	75,80	24,20
6,0	965,9	757,7	1012,9	996,8	815,4	118,7	70,45	29,55
7,0	883,9	725,5	947,2	929,3	760,8	100,9	65,74	34,26
8,0	815,0	698,1	912,6	888,1	723,9	96,3	62,55	37,45
9,0	747,5	640,7	859,2	821,5	668,7	96,3	57,78	42,22
10,0	701,7	617,1	814,7	782,6	634,5	88,5	54,83	45,17
11,0	607,2	578,8	762,3	733,2	584,3	90,9	50,48	49,52
12,0	516,5	546,4	690,8	664,1	526,4	85,9	45,48	54,52

Tabela 3 – Média da perda de área das ponteiros fabricadas em aço SAE1060-forjado, por etapa de trabalho.

Horas	Área Frontal	Área Lateral	Média (%)
	Perda acumulada (%)	Perda acumulada (%)	
0,0	0,00	0,00	0,00
0,5	2,35	3,69	3,02
1,0	5,19	6,65	5,92
2,0	9,00	9,23	9,12
3,0	12,59	12,69	12,64
4,0	16,22	16,61	16,42
5,0	20,67	24,20	22,44
6,0	29,28	29,55	29,42
7,0	33,75	34,26	34,01
8,0	39,88	37,45	38,67
9,0	46,63	42,22	44,43
10,0	51,17	45,17	48,17
11,0	61,11	49,52	55,32
12,0	66,82	54,52	60,67

Por meio da tabela 3 montou-se o gráfico apresentado na figura 2, no qual se observa a curva de ajuste dos pontos, valores médios, que determina a tendência de desgaste das ferramentas em função do período de tempo em que as mesmas foram utilizadas. Com os dados da tabela 3 também foi possível o cálculo da equação de ajuste, que

permite a identificação do desgaste percentual das ponteiros em função do período trabalhado, a qual vem a ser $D = 5,0045 h - 0,9033$ com $r^2 = 0,99$; onde D é a taxa de desgaste em percentagem e h o número de horas trabalhadas.

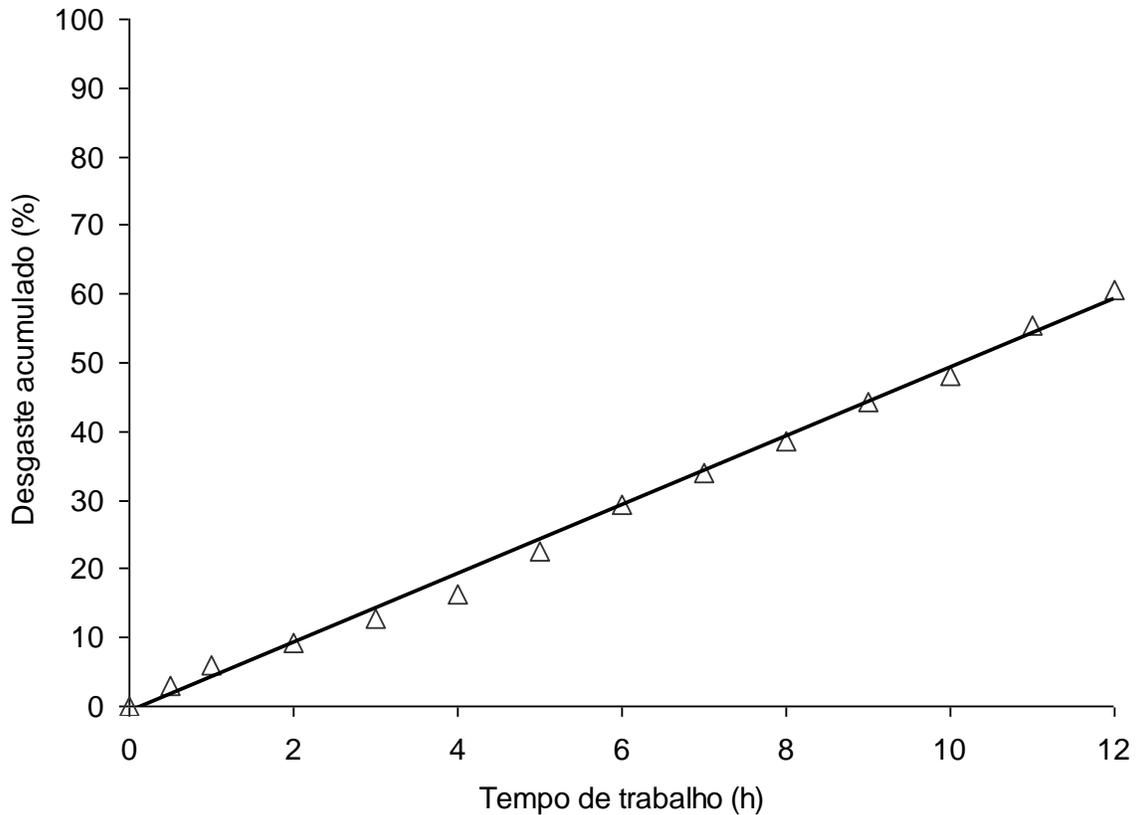


Figura 2 – Curva de ajuste de tendência de desgaste das ferramentas, fabricadas em aço SAE1060-forjado, valores médios, em porcentagem, em função das etapas de operação.

A análise da tabela 3 em conjunto com a figura 2 permite verificar que a perda de área das ponteiros fabricadas em aço SAE1060-forjado se dá de forma linear, mas com duas inclinações na reta, a primeira, com menor inclinação, até a quarta hora de trabalho e a segunda, com maior inclinação, deste ponto até a décima segunda hora de trabalho.

Tal fato pode ser explicado pelo processo de fabricação deste tipo de ponteiro, o qual faz com que a camada de material mais resistente à abrasão localize-se na superfície da ferramenta, sendo que após esta ser eliminada, o processo de desgaste acentue-se.

Na tabela 4 são apresentados os dados referentes a variação da área frontal e sua perda percentual acumulada, por etapa trabalhada, para as ponteiros fabricadas em ADI.

Tabela 4 – Variação da área frontal das ponteiras fabricadas em ADI.

Horas	Área Frontal (mm ²)						Área remanescente (%)	Perda acumulada (%)
	A1	A2	A3	A4	Média	σ		
0,0	1043,8	1047,5	1047,3	1051,3	1047,5	3,1	1047,3	0,0
0,5	1021,3	1024,4	1017,1	1030,7	1023,4	5,7	1017,1	0,5
1,0	989,5	995,2	1006,1	1009,5	1000,1	9,3	1006,1	1,0
2,0	956,8	972,2	965,3	984,3	969,7	11,6	965,3	2,0
3,0	923,2	950,2	927,4	948,6	937,4	14,0	927,4	3,0
4,0	887,2	913,3	896,3	899,8	899,2	10,8	896,3	4,0
5,0	869,3	867,9	860,3	863,5	865,3	4,1	860,3	5,0
6,0	824,4	828,8	822,3	822,1	824,4	3,1	822,3	6,0
7,0	783,2	782,1	781,1	777,3	781	2,6	781,1	7,0
8,0	742,1	726,7	736,9	733,2	734,8	6,5	736,9	8,0
9,0	699,1	682,8	696,7	693,5	693,1	7,2	696,7	9,0
10,0	655,4	644,3	649,1	645,1	648,5	5,1	649,1	10,0
11,0	606,6	599,3	608,5	589,6	601,0	8,6	608,5	11,0
12,0	556,4	557,8	561,1	539,1	553,6	9,9	561,1	12,0

Na tabela 5 tem-se o valor da variação da área lateral das ponteiras fabricadas em ADI e sua perda percentual acumulada para cada uma das etapas trabalhadas.

Tabela 5 – Variação da área lateral das ponteiras fabricadas em ADI.

Horas	Área Lateral (mm ²)						Área remanescente (%)	Perda acumulada (%)
	A1	A2	A3	A4	Média	σ		
0,0	956,3	933,9	1015,1	1037,3	985,7	48,6	100,0	0,0
0,5	922,1	925,2	973,1	968,9	947,4	27,4	96,1	3,9
1,0	885,7	904,1	910,1	910,7	902,7	11,7	91,6	8,4
2,0	850,7	858,5	897,1	879,5	871,5	21,0	88,4	11,6
3,0	801,3	817,9	846,1	854,2	829,9	24,6	84,2	15,8
4,0	770,8	781,7	800,1	822,6	793,8	22,7	80,5	19,5
5,0	716,5	742,1	761,1	758,1	744,5	20,4	75,5	24,5
6,0	689,5	709,5	721,6	702,2	705,7	13,4	71,6	28,4

7,0	648,1	689,3	700,5	656,7	673,7	25,2	68,3	31,7
8,0	612,4	660,7	654,6	617,1	636,2	25,0	64,5	35,5
9,0	591,8	615,9	625,1	557,6	597,6	30,1	60,6	39,4
10,0	550,7	598,1	606,7	522,7	569,6	39,8	57,8	42,2
11,0	529,7	561,1	579,2	491,1	540,3	38,6	54,8	45,2
12,0	480,8	508,5	528,1	443,8	490,3	36,6	49,7	50,3

Através das tabelas 4 e 5 foi possível a montagem da tabela 6, na qual se tem a perda média percentual das

áreas frontal e lateral por etapa de trabalho para as ponteiras confeccionadas em ADI.

Tabela 6 – Média da perda de área das ponteiras fabricadas em ADI, por etapa de trabalho.

Horas	Área Frontal	Área Lateral	Média
	Perda acumulada (%)	Perda acumulada (%)	
0,0	0,00	0,00	0,00
0,5	2,30	3,89	3,09
1,0	4,53	8,42	6,47
2,0	7,43	11,59	9,51
3,0	10,51	15,80	13,16
4,0	14,16	19,46	16,81
5,0	17,40	24,47	20,93
6,0	21,30	28,40	24,85
7,0	25,45	31,65	28,55
8,0	29,86	35,45	32,66
9,0	33,84	39,37	36,60
10,0	38,09	42,22	40,15
11,0	42,62	45,19	43,90
12,0	47,15	50,26	48,70

Por meio da tabela 6 montou-se o gráfico apresentado na figura 3, no qual se observa a curva de ajuste dos pontos que determina a tendência de desgaste das ferramentas fabricadas em ADI, em função do período de tempo em que as mesmas foram utilizadas. Calculou-se então a

equação de ajuste, que permite a identificação do desgaste percentual das ponteiras em função do período trabalhado, a qual vem a ser $D = 3,9144h + 1,2926$ com $r^2 = 0,99$.

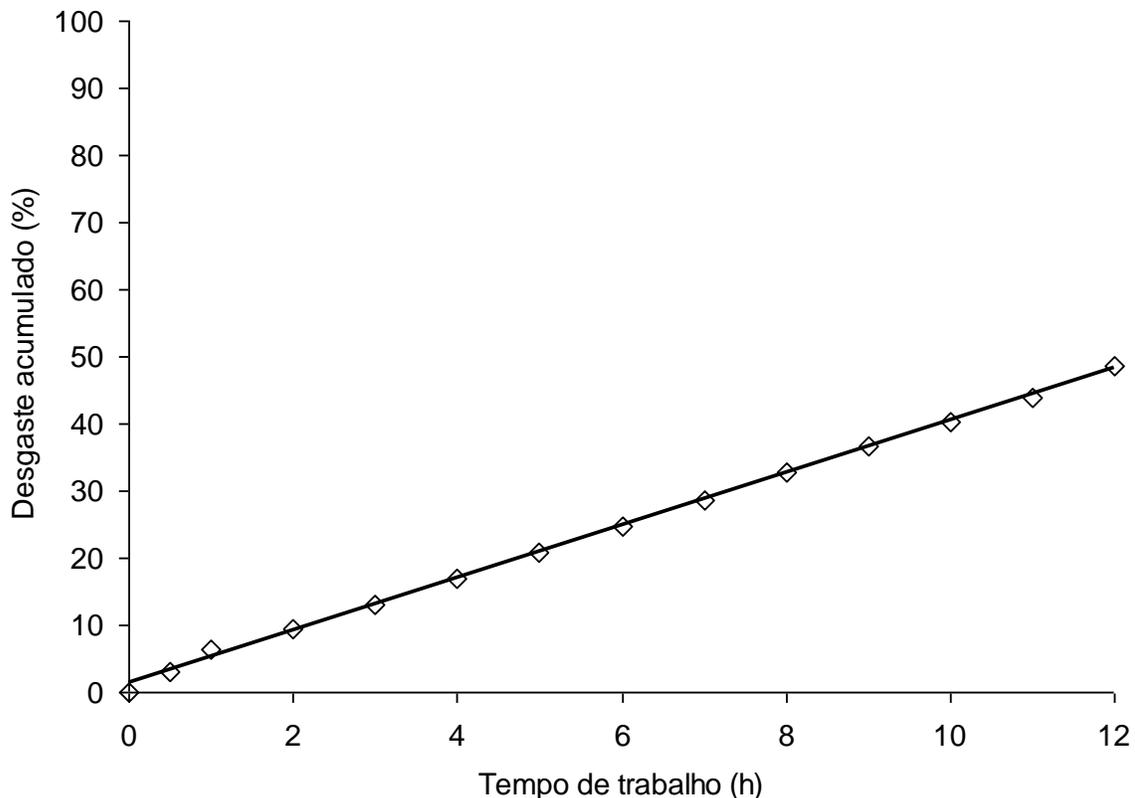


Figura 3 – Curva de ajuste de tendência de desgaste das ferramentas fabricadas em ADI, em porcentagem, em função das etapas de operação.

Através da análise da tabela 6 e a figura 3, torna-se possível a verificação de que as ponteiras fabricadas em ADI, a exemplo do que aconteceu com aquelas confeccionadas em aço SAE1060-forjado, apresentaram um perfil de desgaste bastante linear. Também se pode observar que este vem a ser bem menos intenso quando comparado às ponteiras comerciais, denotando um aumento da vida útil para as ponteiras fabricadas com este material.

A observação do formato do sulco em conjunto com a mobilização de solo proporcionada pela ferramenta, quando a mesma apresenta perda de 50% de sua área, permite considerar que com esta nova geometria, ela não mais é capaz de cumprir adequadamente sua função.

Através da análise das tabelas 3 e 6 observa-se que, a vida útil estimada para as ponteiras fabricadas em Aço SAE1060-forjado foi de 10,2 h, enquanto que para aquelas fabricadas em ADI este período ficou acima de 12,4 h.

A partir deste período as ferramentas passam a apresentar uma perda de área superior a 50% da área inicial da ponta da ponteira, não sendo mais capazes de cumprir adequadamente suas funções.

Com as equações de ajuste obtidas para os dois tipos de ferramentas vem a ser possível prever, com maior precisão, a vida útil de cada uma das ponteiras. Se for considerado que uma perda de área média (desgaste) lateral e frontal da ponteira acima de 50%, impede a correta execução do seu trabalho, para as ponteiras fabricadas em aço SAE1060-forjado o período máximo de trabalho será igual a aproximadamente 10 h e para as ponteiras fabricadas em ADI este será cerca de 12 h. Ao compararem-se estes resultados verifica-se que o ADI proporciona um aumento da vida útil da ponteira em cerca de 21%, assim pode-se considerá-lo como um material interessante para a confecção deste tipo de ferramenta.

MACHADO et al. Utilização de ferro fundido nodular austemperado em ponteiros sulcadoras de adubo de semeadoras...

CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos e nas condições em que foi executado este trabalho, pode-se concluir que:

As ferramentas fabricadas em ADI apresentam um acréscimo na vida útil das ponteiros de sulcadores de semeadoras de plantio direto em torno de 21%, quando comparado às ferramentas comerciais, fabricadas em aço SAE1060-forjado;

O ADI vem a ser um material interessante para a confecção de ponteiros sulcadoras de semeadoras de plantio direto;

Há necessidade de continuar-se estudando materiais alternativos que proporcionem aumento da vida útil deste tipo de ferramenta.

AGRADECIMENTOS

A FAPERGS pelo auxílio financeiro que possibilitou o desenvolvimento do projeto e a concessão da bolsa de iniciação científica do acadêmico Roger Toscan Spagnolo.

A Pós-Graduação em Engenharia Rural, Curso de Especialização “Lato Sensu” em Gerenciamento e Utilização de Máquinas Agrícolas, pelo auxílio financeiro à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMADABADI, M. N., GHASEMI, H. M., OSIA, M. **Effects of successive austempering on the tribological behavior of ductile cast iron**. Tehran, Iran: University of Tehran, 1999. p. 293-300.

ARAUJO, A. G., CASÃO JÚNIOR, R., SIQUEIRA, R. **Mecanização do plantio direto: problemas e soluções**. Londrina: IAPAR, 2001. 18p. (Informe da pesquisa, 137).

BHOLE, S. D., YU, H. Abrasive wear evaluation of tillage tool materials. **Lubrication Engineering**, Illinois, v.48, n.12, p.925-34, 1992.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – Região central do Brasil 2005. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004. 239p. (sistemas de Produção 6)

FERNANDES, J. C., SANTOS, J. E. G., SANTOS FILHO, A. G., BORMIO, M. R Avaliação do desgaste de implementos

agrícolas para diversos tipos de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA, 2002. 1 CD ROM,

GILL, W.R., BERG, G.E.V. **Soil dynamics in tillage and traction**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1968. 511p.

KEPNER, R.A., BAINER, R., BARGER E.L., **Principles of farm machinery**. 2 ed., Westport: Avi Publishing Company, 1972. 487p.

MACHADO, A. L. T., REIS, A. V., MORAES, M. L. B., ALONÇO, A. S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2 ed. Pelotas:Gráfica e Editora Universitária, Universidade Federal de Pelotas , UFPeI, 2005. 253p.

OLIVEIRA, J. B., JACOMINE, P. K. T., CAMARGO, M. N.

Classes gerais de solos do Brasil – guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.

OWSIK, Z., Wear of spring tine cultivator points in sandy loam and light clay soils in southern Poland. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.50, p. 333-340, 1999.

STRECK, E. V., KAMPF, N., KLAMT, E. **Atualização da classificação taxionômica das unidades de mapeamento do levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1999. 5p.(Informativo EMATER-RS,9)

WANG, C. C., YAN, B. H, CHOW, H. M., SUZUKI, Y. Cutting austempered ductile iron using an EDM sinker. **Journal of Materials Processing Technology**, Amsterdam, v. 88, p. 83–89, 1999.