

ÍNDICE DE CONE, CAPACIDADE DE SUPORTE DE CARGA E TEOR DE ÁGUA DE UM LATOSSOLO VERMELHO: CORRELAÇÕES E MAPAS DE ISOCOMPACTAÇÃO¹

JUAN JOSE BONNIN²; KLÉBER PEREIRA LANÇAS³ & JOSÉ MANUEL MIRÁS AVALOS⁴

RESUMO: O presente trabalho objetivou avaliar a ocorrência e a distribuição da compactação, bem como, a influência temporal do teor de água do solo na sua resistência à penetração medida através do índice de cone (IC), correlacionando-a com o modelo de capacidade de suporte de carga do solo (CSCS), visando estabelecer um procedimento que permita localizar e visualizar pontos ou zonas compactadas. O experimento foi realizado na Fazenda Lageado da UNESP/FCA, Botucatu/SP. O solo estudado foi um Latossolo Vermelho. Utilizou-se um penetrômetro hidráulico-eletrônico para a amostragem da resistência mecânica do solo à penetração, em 5 épocas diferentes, nas profundidades de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20; 0,20 a 0,30; 0,30 a 0,40 m. O teor de água do solo foi monitorado durante a avaliação do IC, nas profundidades de 0 a 0,20 e de 0,20 a 0,40 m. A análise espacial foi realizada através da geoestatística, para a construção do semivariograma e através da técnica de interpolação, construíram-se os mapas de isocompactação do solo. A evidência da relação entre o teor de água do solo e o IC nos mapas interpolados nem sempre foi possível, principalmente em situações em que o solo apresentou-se com elevado teor de água ou seco. Os valores médios do IC e teor de água ficaram entre 1,42 e 8,99 MPa e 0,10 a 0,18 kg kg⁻¹, respectivamente. Os resultados demonstraram a notável heterogeneidade espacial destes elementos, sendo que os modelos de CSCS estimaram satisfatoriamente a pressão de preconsolidação (σ_p) em função do teor de água do solo, permitindo que fosse identificada a camada de maior resistência mecânica e, conseqüentemente, a mais afetada pelo tráfego de máquinas e as ferramentas de preparo do solo. As correlações positivas entre as equações de σ_p obtidas pelos métodos laboratoriais e estimadas em função do IC mostraram-se um excelente procedimento para localizar e visualizar pontos ou zonas compactadas ou de elevada resistência mecânica, constituindo-se num importante recurso para avaliar o impacto do tráfego agrícola e da mobilização do solo sobre sua estrutura.

Palavras-chave: Compactação, Resistência do solo, Geoestatística

¹ Extraído da dissertação do primeiro autor intitulado: índice de cone, capacidade de suporte de carga e teor de água de quatro solos da fazenda Lageado, Botucatu/SP: correlações e mapas de isocompactação.

² Aluno do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Energia na Agricultura-FCA/UNESP, Botucatu/SP-Brasil. jose.bonnin@hotmail.com

³ Orientador e docente do Departamento de Engenharia Rural-FCA/UNESP, Botucatu/SP-Brasil. kplancas@fca.unesp.br

⁴ Co-orientador e docente do Departamento de Geologia-Universidade A Curunha/Galícia-Espanha.

CONE INDEX, LOAD CARRYING CAPACITY AND WATER CONTENT OF AN OXISOL: CORRELATIONS AND ISOCOMPATION MAPS

SUMMARY: *This study aimed to evaluate the occurrence and distribution of compaction, as well as the temporal influence of soil water content in penetration resistance measured by cone index (CI), correlating it with the soil load carrying capacity model (CSCS) to establish a procedure allowing the location of viewpoints or compacted areas. The experiment was conducted at tehLageado Farm of UNESP / FCA, Botucatu / SP. The studied soil was an Oxisol. We used a hydraulic-electronic penetrometer for sampling soil resistance to penetration five different times at depths of 0 to 0.10, 0.10 to 0.20, 0.20 to 0.30 and 0.30 to 0.40 m. The soil water content was monitored during the evaluation of CI, in depths of 0 to 0.20 and from 0.20 to 0.40 m. The spatial analysis was done using geostatistics for the construction of semivariograms, and through interpolation built up isocompaction soil maps. Evidence for the relationship between soil water content and interpolated CI maps was not always possible; principally in situations where the soil presented was dry or had high water content. The average CI values and water content were between 1.42 and 8.99 MPa and from 0.10 to 0.18 kg kg⁻¹, respectively. The results notably demonstrated a spatial heterogeneity for these elements, being that the CSCS models satisfactorily estimated the preconsolidation pressure (σ_p) as a function of soil water content that allowed for the identification of the strongest mechanical layer and therefore the area most affected by machinery traffic and tillage tools. The positive correlations between the (σ_p) equations obtained through laboratory methods estimated as a CI function proved to be an excellent way to locate and view points, compacted areas and areas of elevated mechanical resistance; therefore becoming an important resource to assess the impact of tillage and agricultural traffic.*

Keywords: *Compaction, soil resistance, geostatistics.*

1 INTRODUÇÃO

A adoção de tecnologia agrícola voltada para o cultivo de grandes áreas, intensificou as operações motomecanizadas sobre o solo, refletindo na sua suscetibilidade à compactação, que se torna crítica em condições de teor de água excessiva. Assim, é de extrema importância determinar o teor de água no solo para ser submetido às operações agrícolas, bem como estimar quantitativamente o prejuízo causado à sua estrutura quando as pressões aplicadas excederem a sua capacidade de suporte (DIAS JUNIOR, 1994).

Inúmeros pesquisadores sugerem que a compactação do solo seja identificada, através de atributos do solo. Dentre os mais utilizados, Camargo e Alleoni (1997), fazem referência a: determinação da densidade do solo, resistência do solo à penetração e exame de trincheira, todos com a finalidade de verificar a existência de camadas de maior resistência e o potencial para o desenvolvimento das raízes.

De acordo com Dias Junior et al. (1999), estes atributos tradicionalmente usados apenas identificam as camadas compactadas sem, entretanto, quantificar a capacidade de suporte de carga dos solos, que pode ser usado como um indicativo das pressões que as raízes precisam fazer para se desenvolverem. Pesquisas na área de compactação do solo têm dado ênfase ao desenvolvimento de modelos matemáticos para a previsão da compactação dos solos (DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996). Um dos enfoques dessa modelagem tem considerado a pressão de preconsolidação do solo como sendo a propriedade que expressa a capacidade de suporte de carga dos solos parcialmente saturados (KONDO e DIAS JUNIOR, 1999). A pressão de preconsolidação indica, assim, uma variação da capacidade de suporte de carga dos solos em função das variações de teor de água (DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996; KONDO, 1998) devendo-se evitar a aplicação de cargas superiores à pressão de preconsolidação (LEBERT e HORN, 1991).

Com base nessas considerações o objetivo desta pesquisa foi avaliar a ocorrência e distribuição da compactação, bem como a influência temporal do teor de água do solo na sua resistência à penetração medida através do índice de cone, correlacionando-a com o modelo de capacidade de suporte de carga do solo, visando estabelecer um procedimento que permita localizar e visualizar pontos ou zonas compactadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A adoção de tecnologia agrícola voltada para o cultivo de grandes áreas, intensificou as operações motomecanizadas sobre o solo, refletindo na sua suscetibilidade à compactação, que se torna crítica em condições de teor de água excessiva. Assim, é de extrema importância determinar o teor de água no solo para ser submetido às operações agrícolas, bem como estimar quantitativamente o prejuízo causado à sua estrutura quando as pressões aplicadas excederem a sua capacidade de suporte (DIAS JUNIOR, 1994).

Inúmeros pesquisadores sugerem que a compactação do solo seja identificada, através de atributos do solo. Dentre os mais utilizados, Camargo e Alleoni (1997), fazem referência a: determinação da densidade do solo, resistência do solo à penetração e exame de trincheira, todos com a finalidade de verificar a existência de camadas de maior resistência e o potencial para o desenvolvimento das raízes.

De acordo com Dias Junior et al. (1999), estes atributos tradicionalmente usados apenas identificam as camadas compactadas sem, entretanto, quantificar a capacidade de suporte de carga dos solos, que pode ser usado como um indicativo das pressões que as raízes precisam fazer para se desenvolverem. Pes-

quisas na área de compactação do solo têm dado ênfase ao desenvolvimento de modelos matemáticos para a previsão da compactação dos solos (DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996). Um dos enfoques dessa modelagem tem considerado a pressão de preconsolidação do solo como sendo a propriedade que expressa a capacidade de suporte de carga dos solos parcialmente saturados (KONDO e DIAS JUNIOR, 1999). A pressão de preconsolidação indica, assim, uma variação da capacidade de suporte de carga dos solos em função das variações de teor de água (DIAS JUNIOR e PIERCE, 1996; KONDO, 1998) devendo-se evitar a aplicação de cargas superiores à pressão de preconsolidação (LEBERT e HORN, 1991).

Com base nessas considerações o objetivo desta pesquisa foi avaliar a ocorrência e distribuição da compactação, bem como a influência temporal do teor de água do solo na sua resistência à penetração medida através do índice de cone, correlacionando-a com o modelo de capacidade de suporte de carga do solo, visando estabelecer um procedimento que permita localizar e visualizar pontos ou zonas compactadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os resultados da estatística descritiva para os valores do IC nas diferentes profundidades e teor de água, das diferentes épocas de amostragens.

O coeficiente de variação registrado nesta área, para o IC e teor de água no solo, foram classificados com base nos limites propostos por Warrick e Nielsen (1980). Todos os valores do IC e teor de água, registrados nas diferentes profundidades e épocas de amostragens apresentaram uma variabilidade média do coeficiente de variação, os quais variaram entre 27,52 a 55,56 % para o IC e de 13,22 a 28,59 % para o teor de água, respectivamente. De forma geral, verificou-se que os maiores coeficientes de variação registram-se nas camadas de IC 0-0,10 m, possivelmente, devido a que é a camada de solo que mais mobilização sofreu pelo tráfego de maquinarias agrícolas.

As matrizes de correlações do IC e teor de água no solo para todas as épocas de amostragens apresentaram uma correlação nula, o que indica baixa variabilidade em função do teor de água analisados, embora se observe correlação baixa (Negativa), ou seja, à medida que se aumenta o teor de água no solo há um decréscimo dos valores de IC ou vice versa. A maior correlação encontrada foi para um r^2 de 0,58 ao nível de 1 % de probabilidade, registrada na camada de 0,30-0,40 m de profundidade, registrada na época de amostragem 2.

Tabela 1 - Parâmetros da estatística descritiva referente ao IC e teor de água.

Variável (m)	Média MPa	Variância	DP	CV %	Mínimo MPa	Máximo MPa	Assimetria	Curtose
ÉPOCA DE AMOSTRAGEM 1								
IC 0-0,10	1,42	0,60	0,77	54,67	0,07	4,18	1,16	2,52
IC 0,10-0,20	2,73	1,05	1,03	37,54	0,84	5,89	0,92	1,67
IC 0,20-0,30	2,59	1,25	1,12	43,25	1,19	6,92	2,33	6,88
IC 0,30-0,40	2,36	1,46	1,21	51,31	1,18	6,62	1,88	3,45
T. água 0-0,20 (kg kg ⁻¹)	0,14	0,05	2,17	15,31	0,06	0,18	-1,30	2,70
T. água 0,20-0,40(kg kg ⁻¹)	0,17	0,23	4,83	28,51	0,08	0,42	3,36	16,31
ÉPOCA DE AMOSTRAGEM 2								
IC 0-0,10	1,85	0,77	0,88	47,44	0,34	4,56	0,55	0,88
IC 0,10-0,20	2,98	1,22	1,10	37,01	0,76	6,29	0,31	0,58
IC 0,20-0,30	2,37	0,64	0,80	33,87	1,10	5,26	1,63	4,13
IC 0,30-0,40	1,89	0,27	0,52	27,52	0,64	3,49	0,89	2,09
T. água 0-0,20 (kg kg ⁻¹)	0,15	0,01	3,17	22,02	0,08	0,33	1,88	5,26
T. água 0,20-0,40(kg kg ⁻¹)	0,17	0,01	1,15	21,37	0,04	0,34	3,67	1,21
ÉPOCA DE AMOSTRAGEM 3								
IC 0-0,10	4,68	6,11	2,47	52,87	0,70	12,25	0,74	0,79
IC 0,10-0,20	8,99	12,68	3,56	39,60	3,25	15,75	0,35	-0,94
IC 0,20-0,30	6,58	13,38	3,66	55,56	2,72	17,86	1,54	2,10
IC 0,30-0,40	4,71	6,41	2,53	53,71	2,12	15,44	2,07	5,91
T. água 0-0,20 (kg kg ⁻¹)	0,10	0,06	2,45	21,63	0,06	0,17	1,17	5,44
T. água 0,20-0,40(kg kg ⁻¹)	0,13	0,15	3,87	21,04	0,06	0,18	3,70	22,10
ÉPOCA DE AMOSTRAGEM 4								
IC 0-0,10	1,70	0,42	0,65	38,22	0,34	3,82	0,71	1,38
IC 0,10-0,20	2,61	1,14	1,07	40,98	0,96	5,89	1,05	1,34
IC 0,20-0,30	2,32	0,67	0,82	35,23	1,20	5,18	1,49	2,33
IC 0,30-0,40	2,07	0,75	0,86	41,67	1,05	5,88	2,36	7,64
T. água 0-0,20 (kg kg ⁻¹)	0,16	0,10	3,24	20,34	0,07	0,33	2,43	16,89
T. água 0,20-0,40(kg kg ⁻¹)	0,18	0,05	2,33	13,22	0,09	0,22	-1,56	4,53
ÉPOCA DE AMOSTRAGEM 5								
IC 0-0,10	2,83	1,48	1,22	42,95	0,35	5,51	0,06	-0,60
IC 0,10-0,20	5,44	4,93	2,22	40,79	0,66	12,36	0,67	1,57
IC 0,20-0,30	3,93	2,74	1,66	42,18	1,21	8,93	1,39	2,03
IC 0,30-0,40	2,86	1,20	1,09	38,25	1,63	8,25	3,00	12,49
T. água 0-0,20 (kg kg ⁻¹)	0,11	0,07	2,74	28,59	0,03	0,22	-0,07	1,18
T. água 0,20-0,40(kg kg ⁻¹)	0,12	0,08	2,78	21,38	0,03	0,34	-1,40	2,42

Os modelos que melhor tem se ajustado aos semivariogramas do IC e teor de água são do tipo exponencial. A dependência espacial para o IC e teor de água nas diferentes amostragens foi moderada a fraca. O alcance para os IC e teores de água foram maiores do que a distância entre as amostras (10 m) para todas as amostragens realizadas. Os alcances dos semivariogramas para as variáveis analisadas de IC

e teor de água oscilaram entre 12,40 e 50 m, o que significa que para um futuro estudo da área poder-se-ia realizar a uma maior distancia que a utilizada neste trabalho.

A partir dos semivariogramas ajustados para o índice de cone nas diferentes épocas de amostragens, foi realizada a interpolação e geração dos mapas pelo método da krigagem ordinária por pontos, para a estimação dos valores não medidos e construção dos mapas temáticos para cada parâmetro que apresentou dependência espacial e patamar determinado, porém quando os dados não apresentavam dependência espacial e com uma baixa correlação, e quando apresentavam dependência, mas com uma validação cruzada demonstrando uma baixa correlação, optou-se por interpolar os dados através do método do inverso da distância. Para os dados do IC nas épocas de amostragens 2 e 3 da superfície até 0,20-0,30 m, época de amostragem 4 a profundidades de 0,20-0,30 m e a última, a época de amostragem 5, a todas as profundidades, foi realizada a interpolação dos dados utilizando-se do método do inverso da distância.

Os mapas de isocompactação são apresentados nas Figuras 1 a 4. Analisando visualmente cada mapa notou-se que, as áreas com maior ou menor resistência à penetração estavam bem definidas, variando unicamente a intensidade das resistências à penetração mecânica, em função da variação do teor de água do solo.

A camada superficial dos valores do IC de 0-0,10 m de profundidade (Figura 1), percebe-se um aumento no índice de cone para as 5 épocas de amostragens, com uma média geral de 1,42 a 4,68 MPa, sobretudo visivelmente acentuados na amostragem 3, onde o teor de água foi mais baixo, e observa-se uma predominância das faixas da cor verde escuro (4 a 6 MPa), já em proporções menores a faixa da cor verde (2 a 4 MPa) e alguma inserção da faixa da cor marrom claro e marrom (6 a 8 MPa e 8 a 10 MPa, respectivamente).

Podemos observar na Figura 2, um comportamento parecido no IC em função do teor de água no solo com o mapa anterior (IC 0-0,10 m), principalmente os valores médios do IC obtidos na época de amostragem 3 onde tem-se um incremento notável de 2,61 a 8,98 MPa, com predominância da faixa marrom claro e marrom (6 a 8 MPa e 8 a 10 MPa, respectivamente) e em proporções menores as de cor marrom escuro e laranja (10 a 12 MPa e 12 a 14 MPa).

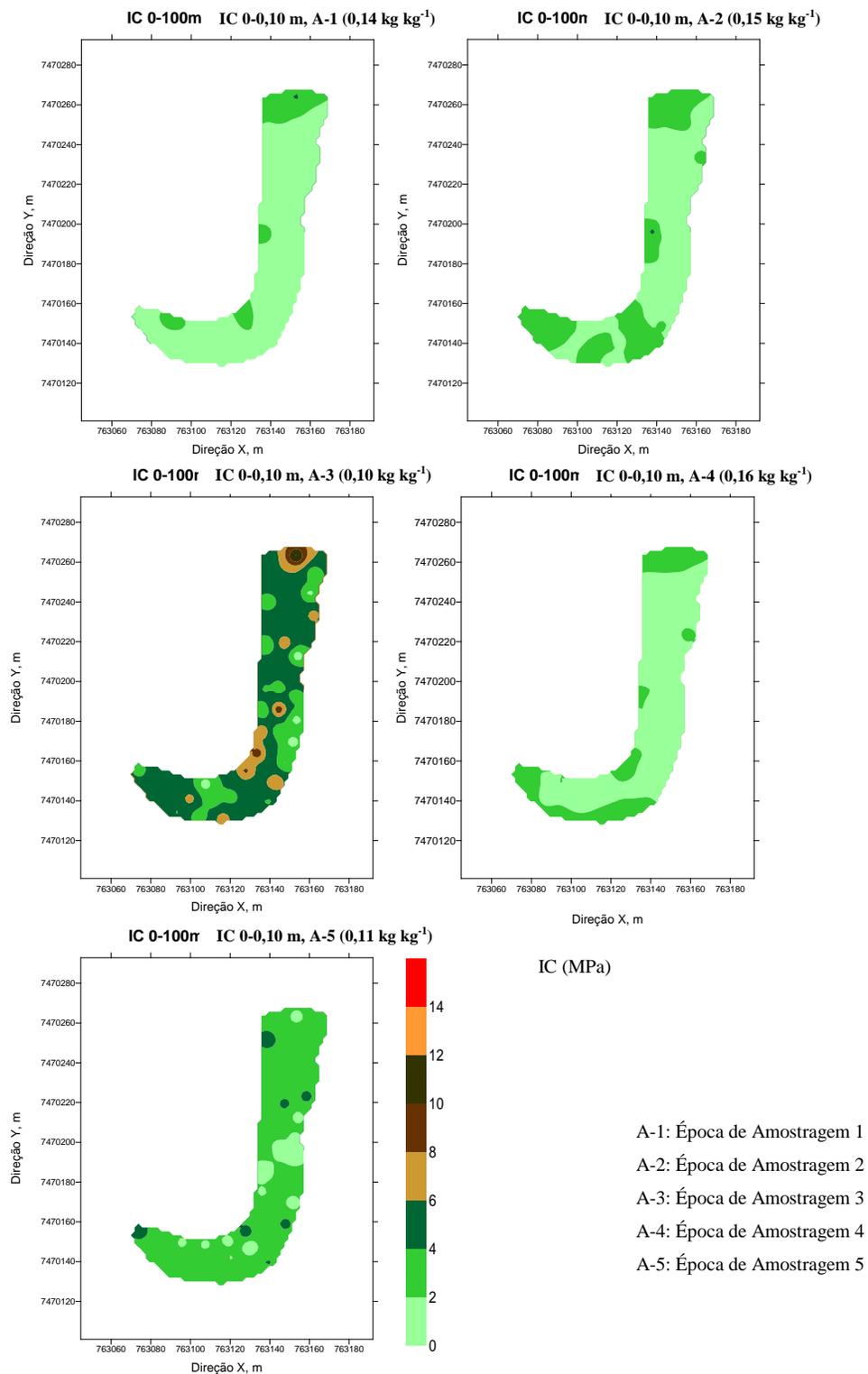


Figura 1 - Mapas de atributos do índice de cone para 0-0,10 m de profundidade e épocas de amostragens.

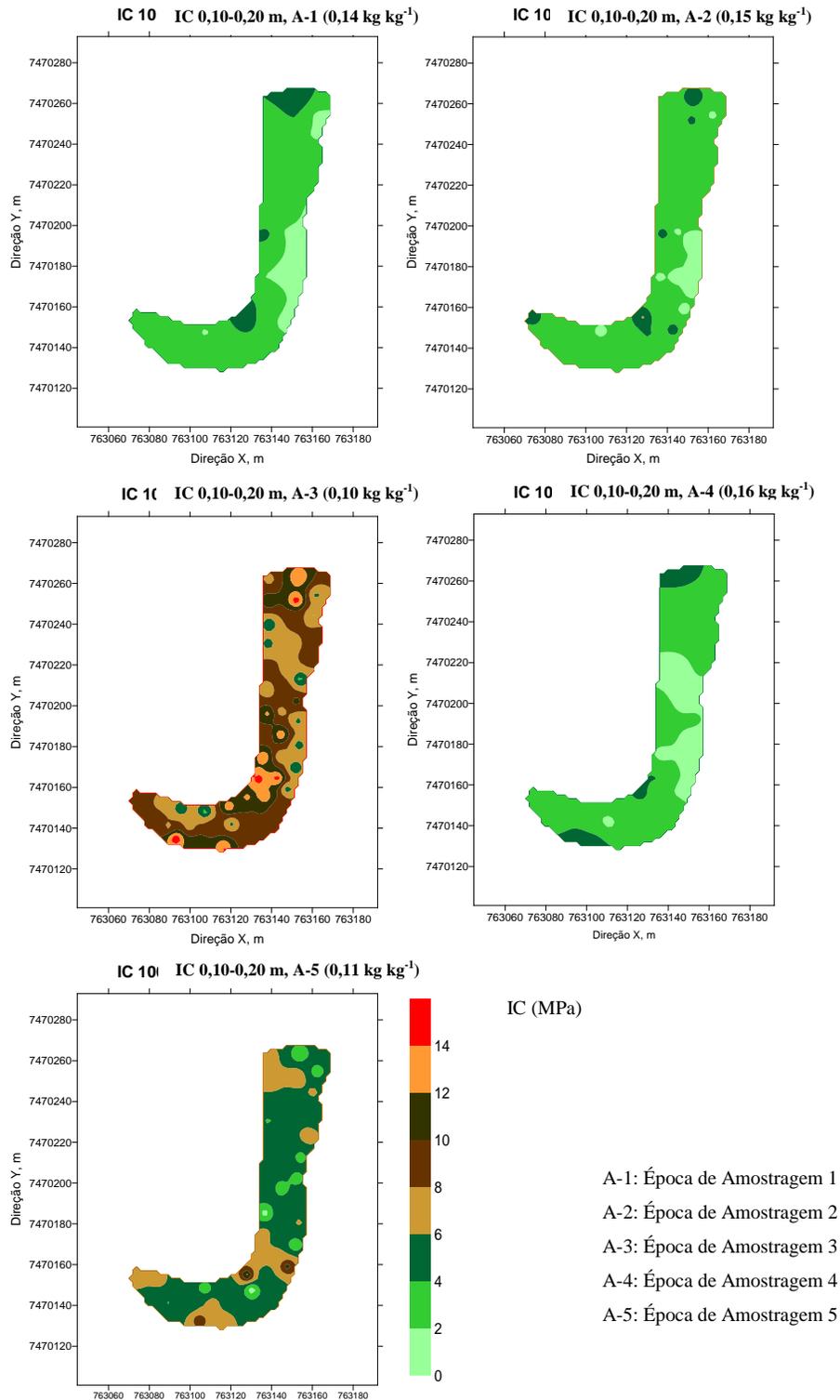


Figura 2 - Mapas de atributos do índice de cone para 0,10-0,20 m de profundidade e épocas de amostragens.

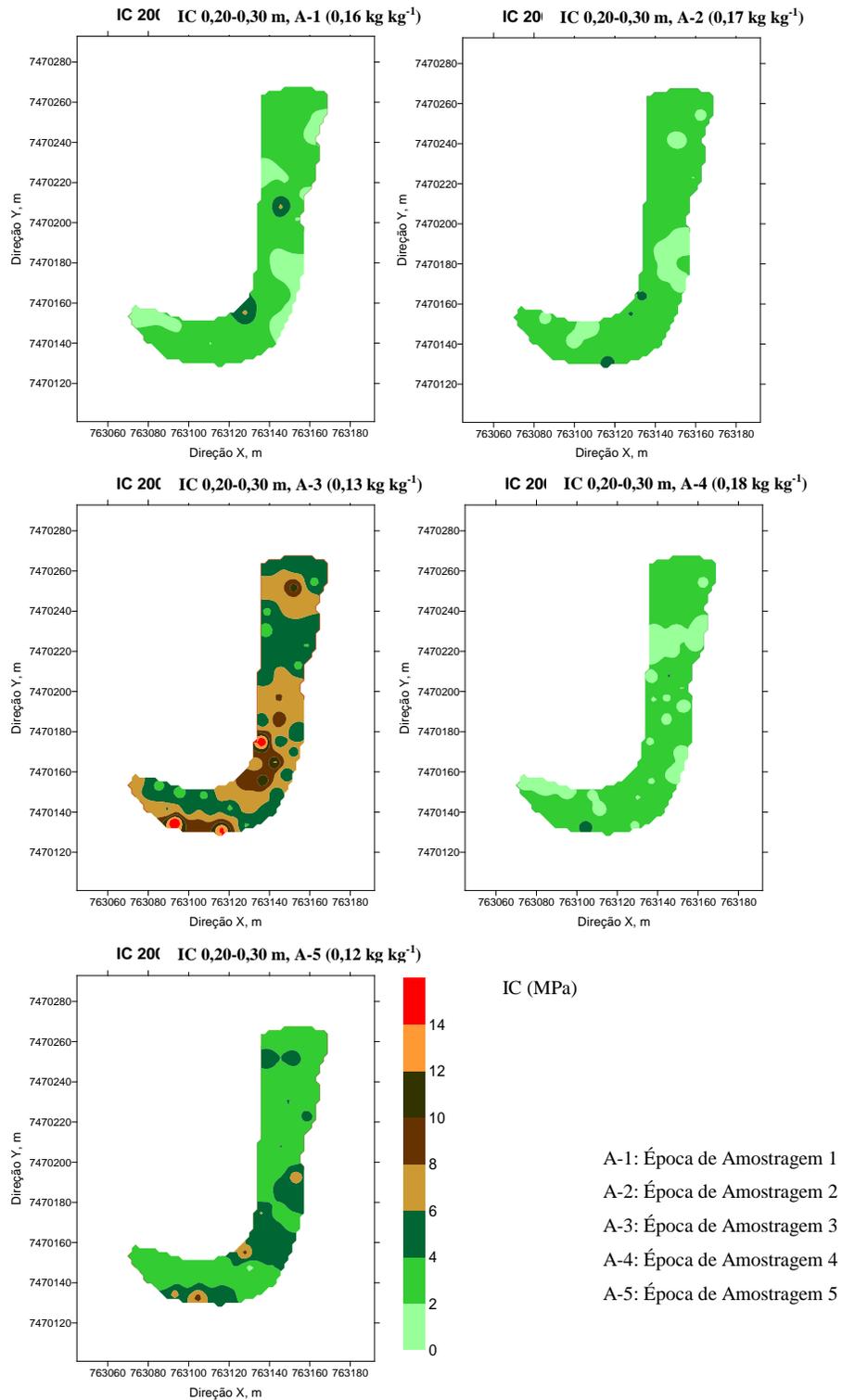


Figura 3 - Mapas de atributos do índice de cone para 0,20-0,30 m de profundidade e épocas de amostragens.

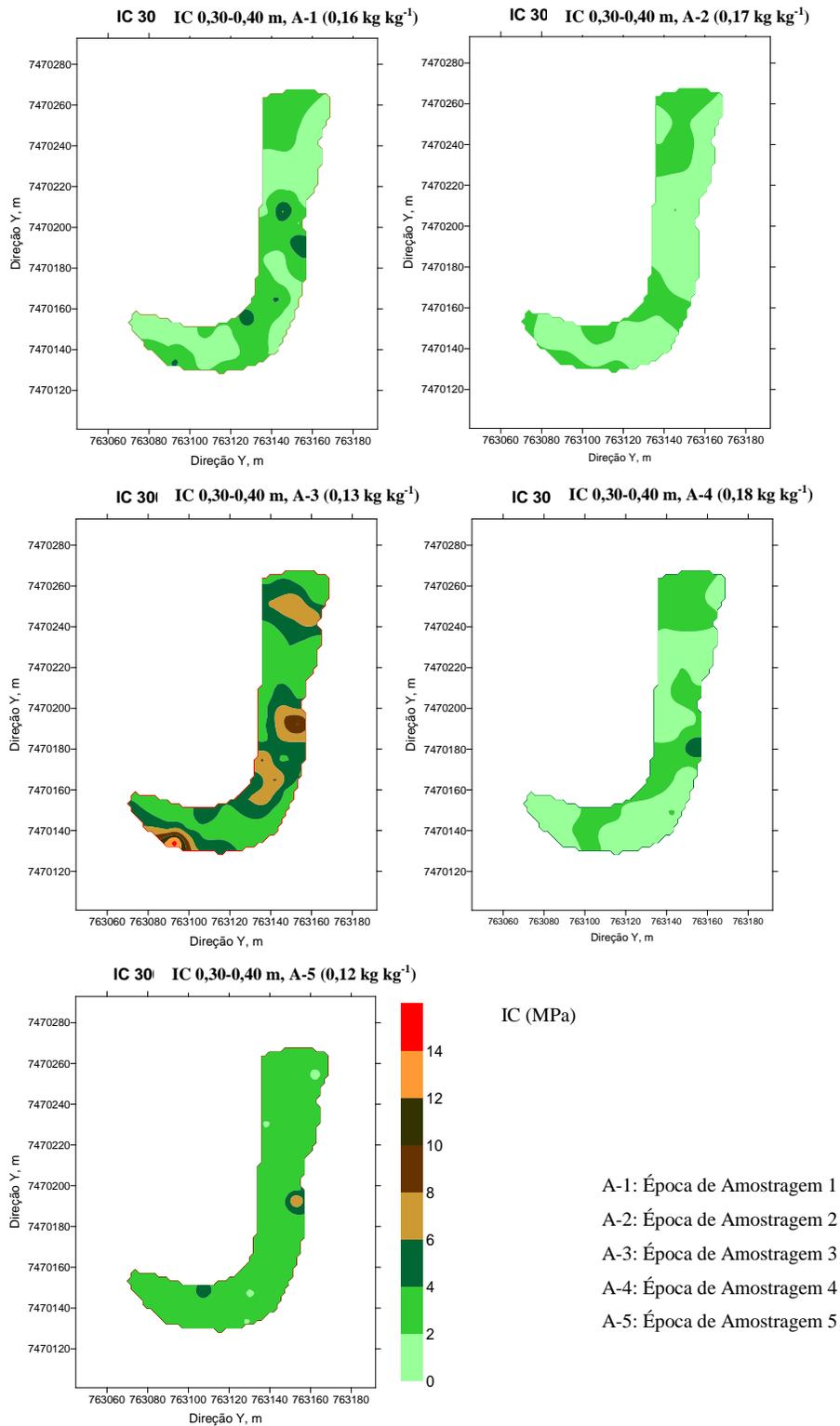


Figura 4 - Mapas de atributos do índice de cone para 0,30-0,40 m de profundidade e épocas de amostragens.

No caso dos mapas do IC de 0,30-0,40 m de profundidade que se observa na Figura 3, surgem valores de resistência à penetração (RP) do solo acentuados já com um índice médio de 2,32 a 6,58 MPa, com uma predominância das faixas de verde (2 a 4 MPa), também alguma inserção da faixa verde escuro e verde claro (4 a 6 MPa e 0 a 2 MPa, respectivamente). Como era de se esperar, a época de amostragem 3 apresentou um comportamento semelhante à registrada na profundidade de IC 0,10-0,20 m (Figura 2), mas com uma redução nos valores do índice de cone, com predominância da faixa da cor marrom claro e verde escuro (6 a 8 MPa e 4 a 6 MPa, respectivamente) e em proporções menores as de cor marrom escuro (10 a 12 MPa). Para a camada mais profunda (Figura 4), nos mapas do IC de 0,30-0,40 m de profundidade, houve acentuada diminuição em comparação aos mapas do IC das Figuras 2 e 3, com um índice médio de 1,89 a 4,71 MPa. Podendo-se observar maior predominância da faixa verde claro e verde (0 a 2 MPa e 2 a 4 MPa, respectivamente). Também nesta época de amostragem foi registrada uma diminuição das cores verde escuro e marrom claro (4 a 6 MPa e 6 a 8 MPa, respectivamente).

De acordo com Merotto e Mundstock (1999), os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas acima de 2 MPa indicam uma possibilidade de compactação, limitando o crescimento radicular para a maioria das culturas e variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada. Considerando os resultados obtidos nas diversas profundidades amostradas na área estudada, e tendo em conta os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas acima de 2 MPa, evidenciou-se que a mesma apresentou uma camada compactada entre 0,20 a 0,40 m de profundidade.

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise estatística da comparação das equações de regressões da pressão de preconsolidação ($\sigma_p = 10^{(a+bu)}$) para as profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m da área 1. As equações ajustadas ao modelo de compressibilidade, obtidas para as duas profundidades avaliadas diferenciaram-se estatisticamente. Os coeficientes angulares foram negativos e atenderam as prerrogativas do modelo, que preconizam a redução dos valores de σ_p com o aumento do t

Tabela 2 - Parâmetros do modelo $\sigma_p = 10^{(a+bu)}$ com seus respectivos coeficientes de determinação e comparação das equações obtidas entre profundidades.

Profundidade	Parâmetros do modelo			Teste de Snedecor e Cochran	
	a	b	R ²	0-0,20 m vs 0,20-0,40 m	
0-0,20 m	-	-	97**	**	
0,20-0,40 m	-	-	92**		

(ns) não significativo(*) significativo a 5% de probabilidade; (**) significativo a 1% de probabilidade.

Pode-se inferir que a σ_p de ambas as profundidades são diferentes e devem ser estimadas por equações diferentes. Esta diferença certamente está associada aos atributos físicos e ao histórico do manejo de cada profundidade, os quais, com o decorrer do tempo e intensidade de uso específica de cada manejo são continuamente alterados.

Nas Figuras 5 e 6, observa-se a RP do solo das profundidades avaliadas através da σ_p conforme proposto por Dias Júnior (1994). Os maiores valores de σ_p observados nas duas profundidades, se associados aos estados de consistência desses solos, sugerem que, para o próximo preparo, especificamente nessa área, a estimativa das cargas a serem aplicados deve ter como referência a σ_p caso contrário estas camadas estarão sujeita a sofrer compactação adicional e não recuperável por apresentar menor capacidade de suporte de carga (DIAS JÚNIOR e PIERCE, 1996).

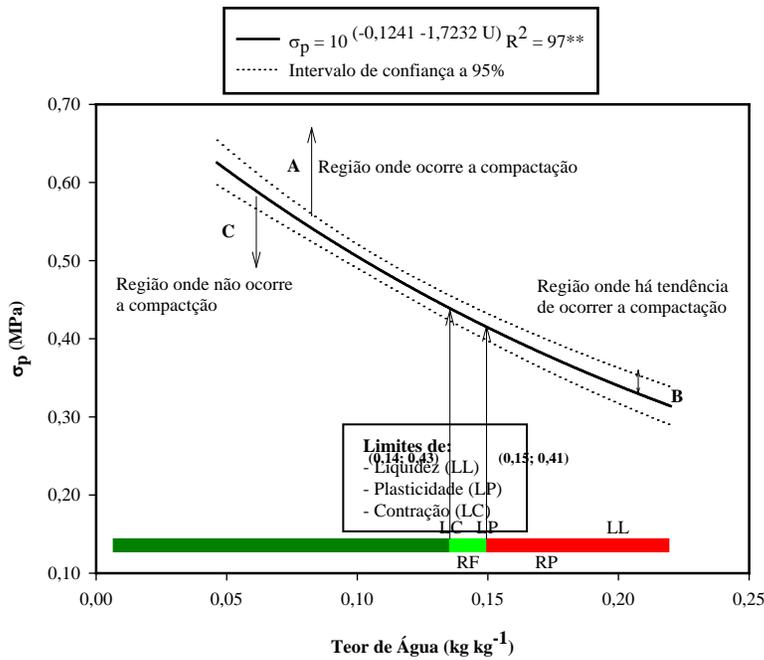


Figura 5 - Modelos de compressibilidade da profundidade de 0 a 0,20 m.

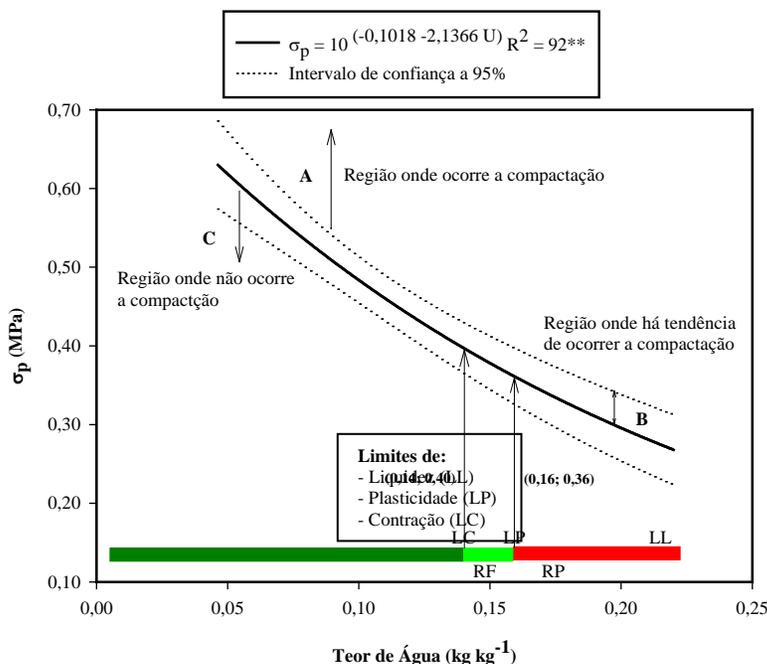


Figura 6 - Modelos de compressibilidade da profundidade de 0,20 a 0,40 m.

Para avaliar a aplicação da equação $\sigma_p = f(\text{IC})$ na identificação da compactação do solo, as σ_p para as profundidades de IC 0-0,10 m e IC 0,10-0,20 m, foram estimadas por meio da equação $\sigma_p = 0,1151 + 0,1043(\text{IC})$ e $\sigma_p = 0,0656 + 0,0414(\text{IC})$ respectivamente. Já no caso das profundidades de IC 0,20-0,30 m e IC 0,30-0,40 m, resultaram na obtenção de uma única equação para duas profundidades de IC, que foi $\sigma_p = -0,6280 + 0,2233(\text{IC})$, pois estes não apresentaram diferença significativa. Portanto, na agricultura, a aplicação de pressões maiores do que a maior pressão suportada pelo solo deve ser evitada, para que não ocorra a compactação adicional do solo (LEBERT e HORN, 1991), e por constituir a σ_p um indicativo da máxima pressão aplicada ao solo no passado (DIAS JUNIOR, 1994).

As Figuras 5 e 6 foram divididas em três regiões visando identificar a compactação do solo por meio da σ_p estimada. As regiões consideradas foram: (A) uma região onde as σ_p são maiores do que as σ_p estimadas com a equação do intervalo de confiança a 95 %, considerada como sendo a região onde ocorre a compactação; (B) uma região onde as σ_p são menores do que as σ_p estimadas com a equação do intervalo de confiança a 95 % e maiores do que as pressões estimadas com a equação $\sigma_p = 10^{(a + bU)}$, sendo considerada a região onde há tendência em ocorrer a compactação do solo, e (C) uma região onde as σ_p são menores do que a σ_p estimada com a equação $\sigma_p = 10^{(a + bU)}$, sendo considerada como a região onde não ocorre a compactação do solo. A partir do comportamento da equação ajustada a estes modelos foi possível identificar através da pressão de pré-consolidação estimada, por meio da equação $\sigma_p = a + b(\text{IC})$, qual camada, grade ou solo esteve mais consolidado, ou seja, mais compactado. Por outro lado, também os

modelos obtidos podem prever a quantidade de cargas, isto é, que pressões de contato os solos avaliados poderão suportar, sem que teoricamente, as suas estruturas não venham a ser compactadas.

Para avaliar a aplicação da equação $\sigma_p = f(\text{IC})$ na identificação da compactação do solo, foram selecionados os valores do IC obtidos na profundidade de 0,10-0,20 m com um teor de água médio de 0,10 e 0,16 kg kg^{-1} (Época de amostragens 3 e 4 respectivamente). Foram selecionados de forma aleatória dois pontos (Z_1 e Z_2), com coordenadas geográficas conhecidas. Os valores de σ_p e teor de água para o ponto Z_1 na época de amostragem 3, foram de 0,62 MPa e 0,11 kg kg^{-1} , respectivamente. Igualmente, esses mesmos pontos já selecionados, correspondentes à época da amostragem 4, os valores de σ_p foi de 0,21 MPa, com teor de água de 0,15 kg kg^{-1} . O segundo ponto selecionado Z_2 , apresentava uma σ_p de 0,62 MPa e teor de água de 0,10 kg kg^{-1} na época de amostragem 3 e na época de amostragem 4 a σ_p foi de 0,16 MPa com teor de água de 0,13 kg kg^{-1} .

A σ_p foi estimada por meio da equação $\sigma_p = 0,0656 + 0,0414(\text{IC})$, plotado na Figura 7. Nesta, observa-se que a σ_p determinada no ponto Z_1 da época de amostragem 3 localiza-se na região onde ocorre a compactação do solo, enquanto que o mesmo ponto (Z_1) obtido na época de amostragem 4, situa-se na região em que não ocorre compactação do solo, embora esteja localizado no limite da região de friabilidade (RF) e a região de plasticidade (RP). Já no ponto Z_2 obtido na época de amostragem 3, localizado na região onde ocorre a compactação do solo, que igual ao ponto Z_2 registrado na época de amostragem 4, o solo encontra-se totalmente na região de contração (LC), onde apresenta a maior capacidade de sustentação e qualquer tráfego não compromete a sua estrutura.

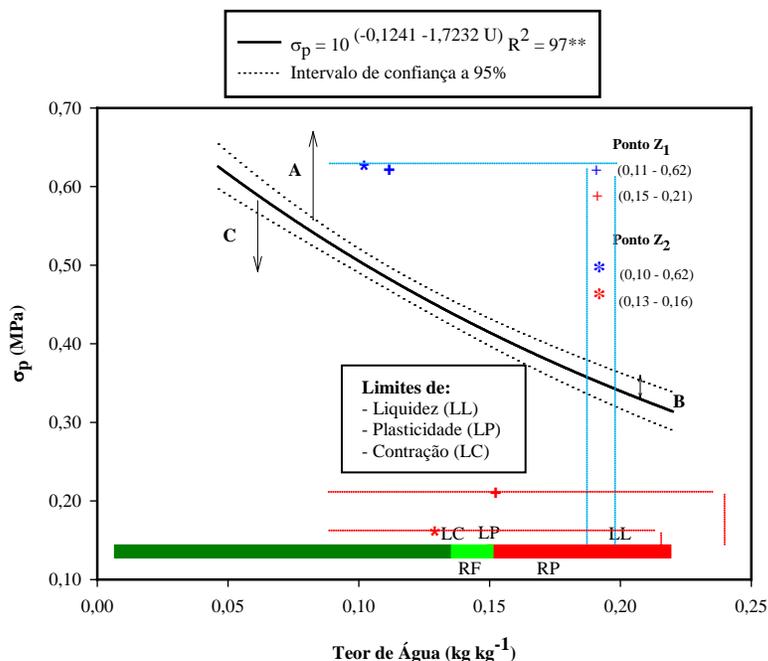


Figura 7 - Modelos de compressibilidade da profundidade de 0 a 0,20 m.

4 CONCLUSÕES

Os valores médios do índice de cone e teor de água no solo nas diferentes profundidades ficaram entre 1,42 e 8,99 MPa e 0,10 a 0,18 kg kg⁻¹ respectivamente. Isso demonstrou a notável heterogeneidade espacial destes elementos. A evidência da relação entre o teor de água do solo e o índice de cone nos mapas interpolados nem sempre foi possível, principalmente, em situações em que o solo apresentou-se com elevado teor de água ou seco.

Os modelos de capacidade de suporte de carga do solo obtidos modelaram de forma satisfatória o comportamento da estrutura do solo estudado, podendo auxiliar na predição de futuros carregamentos (Pressões de contato) que deverão ser aplicados ao solo para que a sustentabilidade da sua estrutura não seja comprometida.

As pressões de preconsolidação puderam ser estimadas em função do índice de cone e se mostraram como um excelente procedimento na localização e visualização de pontos ou zonas compactadas ou de elevada resistência mecânica, constituindo-se em um importante recurso para avaliar o impacto do tráfego agrícola sobre a estrutura de solos.

5 REFERÊNCIAS

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, S. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba, SP: Degaspari, 1997. 132 p.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in central lowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

DIAS JUNIOR, M. S. Compression of three soils under longterm tillage and wheel traffic. East Lansing, Michigan State University, 1994. 114 p. (Tese de Doutorado).

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. **Soil Technology**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 139-151, 1995.

DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 175-182, 1996.

DIAS JUNIOR, M. S. et al. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 371-380, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.

KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. New York, Academic, 1983. 487 p.

KONDO, M. K. **Compressibilidade de três Latossolos sob diferentes usos**. 1998. 95 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1998.

KONDO, M. K.; DIAS JUNIOR, M. S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 211-218, 1999.

LEBERT, M.; HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 19, p. 275-286, 1991.

MEROTTO J. R. A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 197-202, 1999.

SNEDECOR, G. W. e COCHARAN, W. G. **Statistical methods**. 8th ed. Ames: Iowa State University Press, 1989. 503 p.

TAYLOR, H. M. Effects of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield. In: BARNES, K. K. et al. **Compaction of agricultural soils**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1971. p. 292-305.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: **Applications of soil physics**. New York: Academic, 1980. 385 p.