

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE ACOPLAMENTO MÓVEL PARA PENETRÔMETRO ELETRÔNICO E APLICAÇÃO A CAMPO PARA A AVALIAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DE SOLO EM VINHEDOS

DEVELOPMENT OF A MOBILE COUPLING SYSTEM FOR ELECTRONIC PENETROMETER AND FIELD APPLICATION FOR SOIL COMPACTION ASSESSMENT IN VINEYARDS

Data de entrega dos originais à redação em: 28/05/2015
e recebido para diagramação em: 05/09/2016

Antonio Carlos Loureiro Lino ¹
Antonio Odair dos Santos ²
Denival da Costa Silva ³
Mário Nakano Neto ⁴

Os vinhedos necessitam de um solo profundo, bem drenado e com boa aeração para o bom desenvolvimento do sistema radicular, pois as relações solo/planta podem afetar a qualidade da uva e seus derivados. Portanto, é de fundamental importância determinar a distribuição espacial da resistência do solo à penetração de raízes para subsidiar na explicação das causas da variação da qualidade da uva ao longo de vinhedos. Os vinhedos são estabelecidos em uma variada gama de dimensões quanto ao espaçamento na entrelinha de cultivo. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de acoplamento para penetrômetro eletrônico, para que o mesmo possa trabalhar em culturas perenes, estabelecidas com estreito espaçamento. O sistema é constituído de um chassi em forma de meia-lua com um pino pivô na parte central, ao qual se prende o suporte do penetrômetro. Ele proporciona o deslocamento angular do penetrômetro, permitindo a fixação do mesmo em um infinito número de posições de trabalho. Os testes de campo foram feitos em um vinhedo experimental, em uma malha de 54 pontos, com amostragens feitas até a profundidade de 40 cm. Mapas foram confeccionados utilizando-se sistema geográfico de informação, para as profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Os resultados mostraram que o protótipo trabalha adequadamente e a utilização de um receptor GPS permitiu fazer mapas georreferenciados da resistência à penetração das raízes.

Palavras-chave: Compactação do Solo. Georreferenciamento. Penetrômetro.

The vineyards need a deep, well-drained soil with adequate aeration for root development, because the soil-plant relationship can affect the quality of grapes and their derivatives. Therefore, it is extremely important to determine the spatial distribution of soil resistance to root penetration as a subsidy to explain the causes of grape quality variation within vineyards. The vineyards are installed in a wide range of dimensions for the spacing within the planting row. The objective of this study was to develop a coupling system for an electronic penetrometer, so that it can work in perennial crops, established with narrow spacing. The system consists of a chassis-shaped like a halfmoon with a pivot pin in the central part to which the support of the penetrometer is connected. It provides the angular displacement of the penetrometer, allowing it to be set in an infinite number of working positions. Field tests were conducted on an experimental vineyard, in a grid of 54 points, with samplings to a depth of 40 cm. Maps were made using a geographical information system, to the depths of 0-20 and 20-40 cm. The results showed that the prototype works properly and that the use of a GPS receiver allows to georeference maps for the soil resistance to root penetration.

Keywords: Soil Compaction. Global Positioning. Penetrometer.

1 INTRODUÇÃO

Os vinhedos necessitam de um solo profundo, bem drenado e com boa aeração para o bom desenvolvimento do sistema radicular. Solos com alta disponibilidade de água e de nitrogênio podem promover vigor excessivo, resultando em copas sombreadas e frutos de baixa qualidade (WHEELER; PICKERING, 2003).

Silva et al. (2007), estudando a qualidade de uvas e vinhos cv. Syrah, verificaram que as relações solo/planta podem modificar a concentração de compostos em uvas e vinhos, sugerindo a necessidade de se realizar vinificações localizadas.

A planície Languedoc no sul da França é uma área de viticultura intensiva, onde a compactação do solo, causada

por operações de preparo e de tráfego, é suspeita de ter efeito a longo prazo sobre a produção vitícola (LEGROS et al., 1998, apud LAGACHERIE et al., 2006). Estes autores, estudando a distribuição espacial da compactação do solo em vinhedos, verificaram que os níveis de compactação do solo podem ser extremamente variáveis tanto no perfil do solo, quanto sua distribuição espacial.

Portanto, em um ambiente de uso agrícola do solo, onde incide o tráfego de máquinas, tal como podadores embarcados, colhedoras automatizadas e outros, é necessário mapear constantemente as áreas de vinhedo buscando se antecipar práticas de manejo que possam evitar o declínio da videira em função de impactos negativos sobre o ambiente radicular.

1 - Dr., pesquisador, Centro de Engenharia e Automação, IAC; Jundiá, SP; Cx.Postal, 26, CEP13201-970. < lino@iac.sp.gov.br >.

2 - Dr., pesquisador, Centro de Engenharia e Automação, IAC; Jundiá, SP; Cx.Postal, 26, CEP13201-970. < odairsan@iac.sp.gov.br >.

3 - Tecnólogo em Automação Industrial, Centro de Engenharia e Automação, IAC; Jundiá, SP; Cx.Postal, 26, CEP13201-970. < decosil@ig.com.br >.

4 - Engenheiro Agrônomo, especialista em TI. < netonakano@gmail.com >.

Para uma amostragem pontual a metodologia é bem discutida no Brasil, porém inexistem maiores estudos sobre a questão quando se trata de amostrar em varredura uma malha de pontos ao longo de vinhedos, caso em que lidamos com grande quantidade de dados de solo, nos moldes da discussão aqui apresentada. Por outro lado, a mesma varredura em malha é subsídio importante na explicação das causas da variação da qualidade da uva ao longo de vinhedos, quando está em discussão a relação espacial entre propriedades físicas do solo e a distribuição da qualidade da uva ao longo dos vinhedos.

Vários tipos de penetrômetros têm sido construídos e utilizados para determinar a compactação do solo em várias culturas. Os mais utilizados eram os de impacto, porém hoje outros tipos têm sido introduzidos, tais como: elétricos (LEITE, 2004), hidráulico-eletrônicos (CASTRO NETO et al., 2005) e eletrônicos (TIEPO et al., 2011).

Estes penetrômetros podem ser portáteis ou fixados a veículos. Os primeiros são difíceis de serem transportados, exigindo grande esforço para o seu deslocamento a campo. Por isso, há uma tendência por parte de muitos fabricantes de acoplá-los a veículos.

O segundo tipo, normalmente fixados atrás de tratores ou na lateral de caminhonetes ou quadriciclos (Figura 1), tem o inconveniente de fazer apenas uma medida a cada ponto de parada e em apenas uma posição. Os sistemas em que o equipamento é fixo exige, entre cada medição, que o veículo seja deslocado. E quando utilizado em culturas perenes, com pequenas distâncias entre linhas, como é o caso da uva, que as medidas sejam sempre feitas a uma mesma distância da planta.



Figura 1 - Penetrômetro eletrônico instalado na lateral de um quadriciclo
Fonte: <http://www.falker.com.br/Produto.php?id=6>.

Maziero e Storino (2014), desenvolveram um equipamento que consiste de um amostrador de solo e de um penetrômetro acoplado no sistema de engate

de três pontos e acionado pelo sistema hidráulico de um trator (Figura 2). Um diferencial deste equipamento é que ele é montado sobre uma base, com rodízios, que permite deslocamentos laterais, podendo fazer medições numa faixa de 1m sem que seja preciso movimentar o trator (Figura 3), o que permite também fazer medições a diferentes distâncias das plantas.



Figura 2 - Penetrômetro acoplado ao trator
Fonte: Maziero e Storino, 2014.



Figura 3 - Detalhe da base com rodízios para deslocamento lateral e sistema eletrônico de captura de dados
Fonte: Maziero e Storino, 2014.

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um sistema de acoplamento móvel, para o penetrômetro eletrônico SoloStar, na parte traseira de um veículo utilitário modelo John Deere Gator modelo TH6x4, que permita coletar várias amostras em um ponto de parada do veículo e a diferentes distâncias da linha de plantio.

Como objetivo específico tem-se:

- construir o protótipo;
- testar o sistema a campo;
- gerar mapas de compactação georreferenciados, em um vinhedo, utilizando o sistema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Centro de Engenharia e Automação, pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizado em Jundiá, SP, e consistiu no desenvolvimento de um sistema de acoplamento pivotante, para o penetrômetro eletrônico Solostar da Falker, na carroceria do veículo utilitário John Deere Gator modelo TH6x4.

O sistema é constituído de uma base construída em chapa de aço carbono com espessura 5/16", semicircular, fixado à carroceria do veículo. Esta base possui um trilho circular com perfil "C", em cujo interior correm rodízios para o deslocamento do conjunto que sustenta o penetrômetro eletrônico. Este conjunto, ligado à base por um pivô central, possibilita o seu deslocamento radial, permitindo posicioná-lo em um infinito número de pontos amostrais, desde o centro da rua até próximo às raízes das plantas, em ambos os lados.

O veículo conta ainda com um aparelho GPS GeoExplorer, série3000, da Trimble, para georeferenciar os dados obtidos.

Os testes de campo foram feitos em um vinhedo experimental de aproximadamente 2,0 ha, cultivado com as variedades Isabel e Syrah, localizado na ETEC Benedito Storani - Colégio Agrícola, em Jundiá, SP. A amostragem foi feita no centro das entrelinhas de plantio das videiras, num total de 9 linhas, com 6 pontos amostrais por linha, totalizando 54 pontos amostrais. A extração dos dados foi feita a uma profundidade de 40 cm, em solo friável. Os dados foram divididos em duas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm para uma melhor análise da resistência à penetração das raízes. Os dados amostrais foram transferidos para o programa Surfer8, para a interpolação pelo método de "kriging" dos dados e confecção dos mapas confeccionados a partir dos dados obtidos pelo Solostar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra detalhes da base semicircular montada sobre a carroceria do veículo. Na Figura 5 vê-se o sistema completo, com o penetrômetro montado sobre o conjunto superior ligado à base pelo sistema articulado pivô/rodízios, deslocado lateralmente.



Figura 4 - Base semicircular para a colocação do penetrômetro eletrônico



Figura 5 - Sistema completo deslocado para a direita

Foram construídos também elementos que facilitam o bom funcionamento do sistema, bem como a segurança operacional, tais como suporte para fixação da caixa de comandos, presilhas para os cabos de alimentação e comando, alça de posicionamento vertical para facilitar a sua colocação na posição de trabalho e trava de posicionamento lateral para fixá-lo durante o transporte e operação.

Testes de campo mostraram que o sistema de posicionamento do penetrômetro eletrônico se mostrou robusto e fácil de operar.

Este sistema proporciona o deslocamento angular do penetrômetro, permitindo posicioná-lo em um infinito número de posições, desde as laterais, próximo às raízes das plantas, até o centro da rua (Figuras 6 a 8).



Figura 6 - Penetrômetro posicionado no centro da rua



Figura 7 - Penetrômetro posicionado no lado esquerdo da rua



Figura 8 - Penetrômetro posicionado no lado direito da rua

Porém, como o penetrômetro em posição de trabalho fica na traseira do veículo e muito próximo ao solo, é necessário ter cuidado ao deslocá-lo de um ponto amostral para o outro, para evitar que o mesmo se choque com o solo devido às irregularidades do terreno.

Os dados abaixo mostram a resistência do solo à penetração levantados com o penetrômetro eletrônico fixado no sistema de acoplamento, com chassi em forma de meia-lua, a fim de comprovar sua boa utilização. Os resultados dos testes de campo mostraram que há uma região compactada entre 20 e 30 cm de profundidade conforme mostra a Figura 9, que é o gráfico produzido em um dos pontos amostrais.

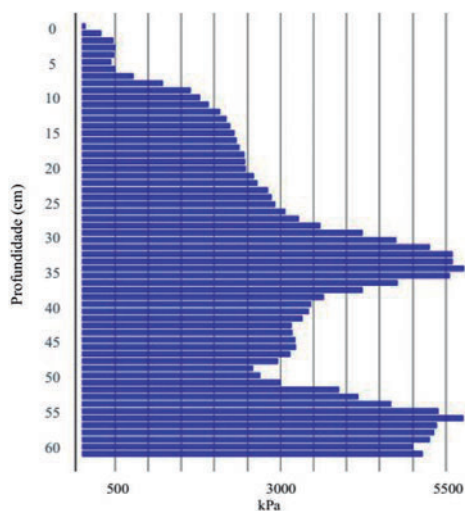


Figura 9 - Gráfico produzido pelo penetrômetro eletrônico em um dos pontos amostrais

A Figura 10 mostra um mapeamento feito a partir da medição média dos 54 pontos amostrados na propriedade em estudo. Pode-se observar que a extração dos dados foi feita a uma profundidade de 0-20 cm. No mapa (Figura 10) é possível visualizar que a camada de maior resistência à penetração ocorre na região do canto direito da área, acima de 90 metros na direção do Oeste, conforme coordenadas estabelecidas no mapeamento. Nesta região a pressão exercida ultrapassa 1800 kPa. Segundo Camargo e Alleoni

(1997) valores até 2500 kPa são considerados baixos e apresentam pouca limitação ao desenvolvimento das raízes. Apesar de a pressão média exercida na região discutida estar em torno de 1800 a 2750 kPa, conclui-se que, mesmo para os valores mais elevados encontrados na área, não existem problemas sérios de resistência do solo a penetração das raízes na área estudada.

A Figura 11 mostra um mapeamento feito a partir da medição média dos 54 pontos amostrados, para a profundidade de 20 a 40 cm. Para esta região do perfil do solo se nota que ocorre uma situação em que há uma evolução nos valores de resistência à penetração das raízes no sentido do canto direito da área, sendo o maior incremento a partir de 90 m na direção do Oeste, conforme coordenadas métricas do mapa.

Os valores médios de resistência do solo alcançaram valores menores do que no perfil de 0 a 20 cm, com máximo em 2071 kPa.

Geralmente valores acima de 3500 kPa são considerados altos, onde nesta situação já apresenta sérias limitações ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas (CAMARGO; ALLEONI, 1997). No entanto, os valores encontrados na área ficaram bem abaixo dos limites considerados críticos, tanto na profundidade de 0 a 20 cm como para as camadas do solo mais profundas (Figura 11).

A Figura 12 revela com maior clareza a distribuição da resistência do solo na área, permitindo a comparação concomitante entre as duas imagens, feitas para os dois limites de profundidades do solo analisadas. Nota-se que, mesmo ocorrendo coincidência nos valores mais elevados no canto direito da imagem, para as duas profundidades médias analisadas, na região mais profunda do perfil, de 20 a 40 cm, no resto da área ocorrem manchas de maior compactação, nem sempre que são coincidentes com aqueles da parte superior do horizonte no perfil. Provavelmente, este fenômeno está relacionado com a variação na classe textural do solo da área. De fato, é possível observar, na prática, que na área estudada, abaixo da linha de 40 cm na direção Sul, ocorre provavelmente compactação, causada por implementos ou alteração na textura do solo, não descartando a existência de pedriscos na região a uma maior profundidade.

Ripoli et al. (2006) comentam que para melhor desenvolvimento de certas culturas é preciso observar o ambiente de produção oferecido, levando em consideração atributos químicos, biológico e a qualidade física do solo, que em linhas gerais é bastante afetada pela compactação do solo, situação que se aplica à videira. Neste caso se nota um ambiente favorável ao desenvolvimento da cultura, pela análise feita nas duas profundidades do solo estudadas, sob uma condição de solo "friável".

4 CONCLUSÕES

O sistema de acoplamento "de deslocamento angular", desenvolvido para acoplar penetrômetro eletrônico para coleta dados geoespaciais, mostrou-se robusto e versátil; a adaptação do penetrômetro eletrônico na carroceria de veículo utilitário proporcionou versatilidade ao equipamento, permitindo a coleta de dados em várias posições, em relação à linha de plantio, cobrindo praticamente toda a largura da rua.

A localização tra-seira do equipamento viabiliza a utilização em vinhedos e outras culturas com espaçamentos estreitos; a inserção de um receptor GPS permitiu georreferenciar a resistência do solo à penetração de raízes, em área de vinhedo.

O estudo mostrou que a área avaliada de vinhedo não apresentava pontos críticos em valores de resistência à penetração das raízes, estando apta para o desenvolvimento da cultura quanto a esta variável descritora da qualidade do solo.

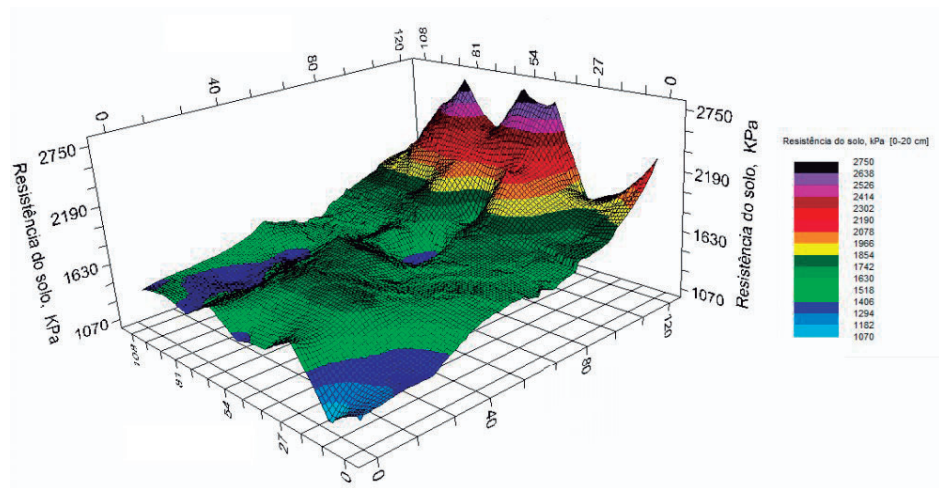


Figura 10 - Distribuição dos valores da resistência do solo à penetração de raízes, determinada em vinhedo, na profundidade de 0-20 cm

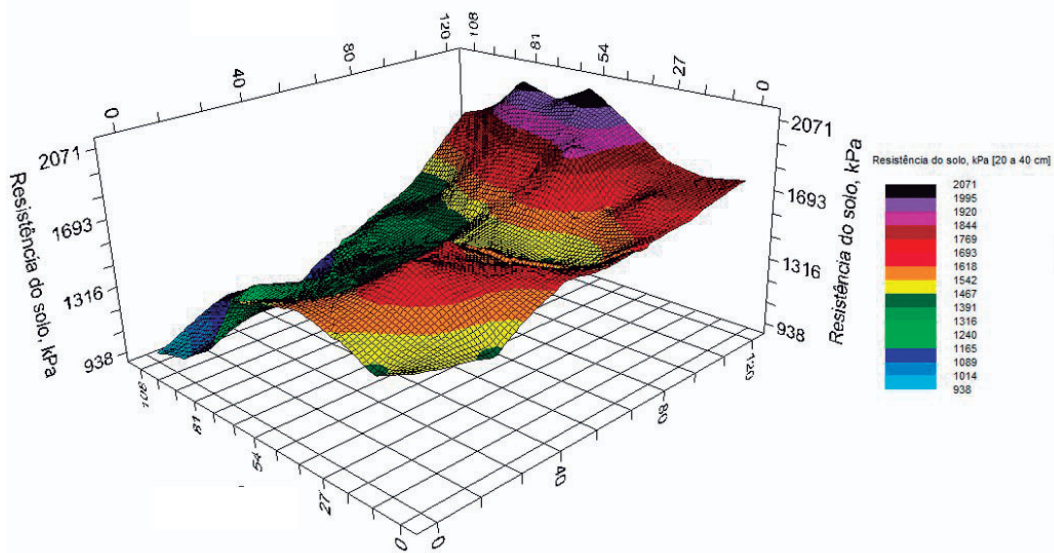


Figura 11 - Distribuição dos valores da resistência do solo à penetração, determinada em vinhedo, na profundidade de 20 a 40 cm

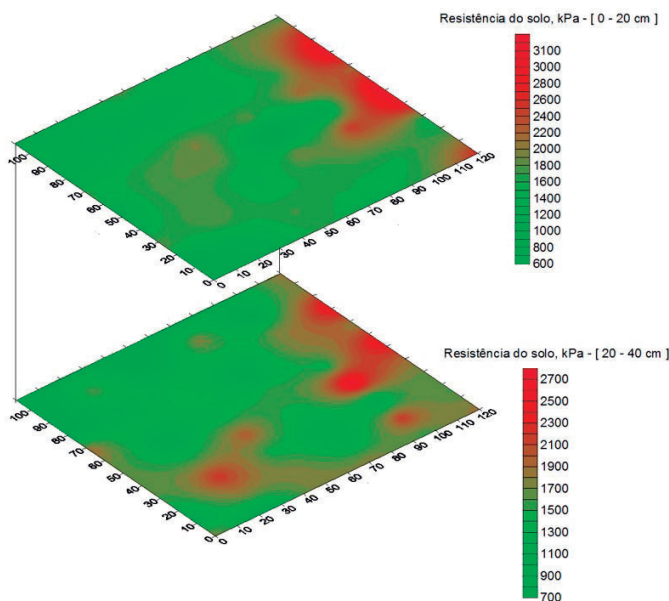


Figura 12 - Distribuição dos valores da resistência do solo à penetração, determinada em vinhedo, em duas profundidades

REFERÊNCIAS

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, ESALQ/USP, 1997. 132 p.

CASTRO NETO, P.; FRAGA, A. C.; NA GAOKA, A. K.; LANÇAS, K. P. Penetrômetro hidráulico-eletrônico para avaliação da compactação de solos na rotação cana-de-açúcar/amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, 2005, Varginha. **Anais eletrônicos...** Lavras: OLEO, 2005. Disponível em: <http://oleo.ufla.br/anais_02/>. Acesso em: 11 ago. 2016.

LAGACHERIE, P.; COULOUMA, G.; ARIAGNO, P.; VIRAT, P.; BOIZARD, H.; RICHARD, G. Spatial variability of soil compaction over a vineyard region in relation with soils and cultivation operations. **Geoderma**, Amsterdam, v. 134, n. 1-2, p. 207-216, Sept. 2006.

LEGROS, J.P.; ARGILLIER, J.P.; CALLOT, G.; CARBONNEAU, A.; CHAMPAGNOL, F. Les Sols Viticoles du Languedoc: un

ét at préoccupant. **Le Progrès Agricole et Viticole**, Montpellier, v.115, n.1, p. 296–298, 1998.

LEITE, F. **Projeto, desenvolvimento e avaliação de um penetrômetro elétrico-eletrônico para uso em tanques de solo**. 2004. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MAZIERO, J. V. G.; STORINO M. **Amostrador de solo e penetrômetro acoplados ao sistema hidráulico de um trator**. Comunicação pessoal. Jundiaí, SP, 2014.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio da Cana-de-açúcar: Estado de Arte**. Piracicaba – SP, T.C.C. RIPOLI, 2006. 216 p.

SILVA, F. E. C. S.; WYLER, P.; SANTOS, J. O.; ALENCAR, Y. C. L.; SOARES, J. M.; ALVES, L. A.; PEREIRA, G. E. Influência da relação solo/planta sobre a qualidade de uvas e vinhos cv. Syrah no nordeste do Brasil. In: XIX Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia, 2007, Mendoza-Argentina. **Anais do XIX Congresso Latino-Americano de Viticultura e Enologia**, 2007.

TIEPPO, R. C.; GABRIEL FILHO, A.; SILVA, S. L.; GNOATTO, E. Desenvolvimento de um penetrômetro manual eletrônico. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 9-15, jan./mar. 2011.

WHEELER, S. J.; PICKERING, G. J. Optimizing grape quality through soil management practices. **Food, Agriculture & Environment**, v.1, n. 2, p. 190-197, April. 2003.