

IZABELLE PEREIRA ANDRADE

**BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS FOSFATADAS E POTÁSSICAS COM
ENXOFRE INOCULADO COM *ACIDITHIOBACILLUS* NA ADUBAÇÃO DA UVA
(*VITIS VINIFERA L.*) EM PLANOSSOLO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciência do Solo.

RECIFE – PE

Abril

**BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS FOSFATADAS E POTÁSSICAS COM
ENXOFRE INOCULADO COM *ACIDITHIOBACILLUS* NA ADUBAÇÃO DA UVA
(*VITIS VINIFERA L.*) EM PLANOSSOLO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**

IZABELLE PEREIRA ANDRADE

Orientador: Prof. Newton Pereira Stamford

Conselheiros: Prof^a. Carolina Etienne de R.e S. Santos

Prof. Mário Lira de Andrade Júnior

R E C I F E-PE

Abril – 2007

Ficha catalográfica

A553b Andrade, Isabelle Pereira
 Biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* na adubação da uva (*Vitis vinifera* L.) em Planossolo do Vale do São Francisco / Isabelle Pereira Andrade. -- 2007.
 96 f. : il.

 Orientador : Newton Pereira Stamford
 Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia
 Inclui anexo e bibliografia

CDD 631.42

1. *Acidithiobacillus*
2. Biofertilizante
3. Apatita
4. Biotita
5. Superfosfato simples
6. Sulfato de potássio
7. Planossolo
8. Vale do São Francisco
9. Uva Itália
10. Fertilidade do Solo
 - I. Stamford, Newton Pereira
 - II. Título

**BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS FOSFATADAS E POTÁSSICAS COM
ENXOFRE INOCULADO COM *ACIDITHIOBACILLUS* NA ADUBAÇÃO DA UVA
(*VITIS VINIFERA L.*) EM PLANOSSOLO DO VALE DO SÃO FRANCISCO**

IZABELLE PEREIRA ANDRADE

**Tese defendida e aprovada em 26/04/2007 pela Banca Examinadora
constituída pelos professores:**

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford

EXAMINADORES:

Prof.Dr. José Pires Dantas

Prof. Dr. Gustavo Pereira Duda

Prof. Dr. Fernando José Freire

Prof^a. Dr^a. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos

Aos meus pais, José Pereira dos Santos Neto e Viviane Andrade Santos, pelo exemplo de luta e aprendizado. A minha avó, Odete W. de Lima pela força. Ao meu irmão, João Ladislau P. Andrade pelo incentivo. Aos meus primos Elissandro, Chrystian, William e Igor pelo apoio nas situações difíceis. E aos meus amigos e familiares pelo carinho e apoio partilhados nesta etapa de vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sua presença em todos os momentos de minha vida.

A Nossa Senhora da Conceição por me cobrir com seu manto sempre que recorri a ela.

Aos meus pais José Pereira e Viviane Andrade pelos magníficos conselhos e apoio em meus projetos de vida.

Ao meu irmão João Ladislau, que foi meu braço forte ao me levantar das grandes quedas, e sempre dizendo: forte não é aquele que não cai, e sim aquele que cai e se levanta o mais rápido possível. A minha cunhada Danielly Cristina, que sempre acreditou na minha vitória.

As minhas tias Rita, Iane, Maria de Jesus, Carmem e Maria Cícera que me incentivaram, e impulsionaram quando pensava que não conseguiria atingir meus objetivos.

Ao meu tio Rogério, e aos meus primos em especial Elissandro, Christian José, William e Igor pelo apoio nas horas que precisei, e a todos os outros pela força.

Aos meus tios, tias, primos e primas que de alguma forma contribuíram para esta etapa de minha vida.

A família Pimenta, especialmente, Filipe, D. Ivonete e Maria Isabel, por fazerem parte de minha vida e acreditarem nesta conquista.

A minha inestimável amiga Joseane Ferreira, sua mãe Alzerina e sua tia Alzenira e família, por acreditarem na conquista desta vitória.

A minha grande amiga Patrícia Santos por me apoiar e auxiliar nos momentos de aflição.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo pela oportunidade de realização do curso de Doutorado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES) pelo apoio financeiro na concessão da bolsa. E ao CNPq, pela aprovação do projeto.

Ao Professor Newton Pereira Stamford, pela orientação, amizade e paciência na realização do nosso trabalho.

A professora Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos, pelo incentivo, orientação e força na realização e conquista do nosso trabalho.

Ao professor Mário Lira Júnior, pela paciência, orientação e contribuição na realização deste trabalho.

A todos os professores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade e transmissão do conhecimento adquirido neste período.

Aos professores Clístenes, Egídio, Márcia e Rinaldo pela contribuição na minha qualificação.

A professora Rossimar Munsser pela contribuição no conhecimento, e auxílio no material didático da cultura da uva.

Ao professor José Pires Dantas da Universidade Estadual da Paraíba – Campina Grande, pelo fornecimento e transporte da rocha Biotita da Paraíba a Pernambuco.

Ao Dr^o. Haroldo Marinho de Queiroz, da Mical (Mineração Indústria e Comércio Campo Verde), pela britagem e moagem das rochas potássicas.

A meu amigo Silvio Henrique Lino Dias pelo apoio e força na elaboração deste trabalho; e aos outros: Leonardo, Rosembergue, Monaliza, Luciana, Marcelo, Sebastião, Karina, Fátima, Francisco, Eduardo e Carol, pelo incentivo.

As funcionárias que fazem parte do laboratório de microbiologia do solo, em especial as amigas Ana Dolores e Iraci, e a inestimável Maria do Carmo (Cacau) por acreditarem na minha conquista.

A todos os funcionários dos outros departamentos da UFRPE: fertilidade do solo, fitotecnia, tecnologia rural, zootecnia, nutrição de plantas, química experimental, setor administrativo e da biblioteca.

A minha amiga Neide da xérox, e a Angélica, pela paciência e incentivo.

Ao meu amigo Leonildo (Carpina), seu Luis e Lula por acreditarem e me auxiliarem.

Aos amigos do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela amizade e colaboração na conquista deste trabalho, e apoio nos momentos difíceis, em especial a Professora Maria Isabel, e aos amigos Sandro, Adriano, Rossini e Alexandre.

Aos funcionários da UFRPE Maria do Socorro, Eliane, Noca, Anacleto, Luciano, José Fernando (Zeca) Josué, Josias e Narciso, pela atenção e ajuda indispensável.

Aos amigos do curso e companheiros, pela grande torcida e convívio que tornou esta etapa de minha vida muito mais alegre.

A todos das Fazendas Milano e Pérsico, principalmente ao Sr. José Gualberto de Freitas Almeida, pois sem a sua permissão e contribuição nada disto seria possível. A sua esposa Dona Nina e ao seu filho Ricardo por acreditarem em nossas pesquisas.

Ao Gerente, Engenheiro Agrônomo, Raimundo Gonçalves dos Santos e ao Encarregado, Técnico Agrícola, José Joventino Júnior que foram os apoios indispensáveis, para a realização desta pesquisa no campo.

Ao meu braço direito no campo, Zé Paulo pela paciência inesgotável em meus momentos de aflição, a Risonho irrigador, a família de Sr. Pedro e ao meu afilhado Kaio Nogueira e a sua mãe Gina Carla pelo seu grande apoio no campo, ao Sr. Barbosa e família.

Ao Leonardo (Leo), Ciana, Rosiane, Eduardo (Dudu), Robenice (chiquinha) e a Lurdes e todos das suas famílias por permitirem que me acompanhassem nas noites durante a minha passagem nas fazendas Milano e Pérsico.

Aos motoristas, grandes caminhoneiros, da Milano e Pérsico em especial seu Isaias Andrade e família, e seu Zé de Souza e família que nunca faltaram quando precisei transportar os fertilizantes de Recife – Milano (Santa Maria da Boa Vista), e os solos Milano-Recife.

A todos aqueles que pertencem as Fazendas Milano e Pérsico que contribuíram de alguma forma para a realização desta pesquisa no campo.

A todos os funcionários do escritório da CEASA-PE, da fazenda Milano, da fazenda Pérsico e da vitivinícola Botticelli.

Aos meus amigos de Petrolina Lívio, Mairon, Juscelino, Francisco, André, Telma, Luciene e Geórgia pela torcida e apoio em todas as horas.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, tenham contribuído para realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações	xiii
Resumo	xi
Abstract	xii
Agradecimentos	v
1.INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2. 1.Fosfatos naturais	16
2.1.1 Fosfatos naturais no Brasil e no Mundo	16
2.1.2 Definição, origem, classificação e ocorrência dos fosfatos naturais	17
2.1.3 Importância da acidez em fosfatos no solo	19
2.1.4 A fixação de fósforo em solos	21
2.1.5 O fósforo na videira	21
2.2 Minerais potássicos	23
2.2.1 Recursos minerais e produção de potássio como fertilizante no Brasil	23
2.2.2 Mineralogia do potássio	25
2.2.3 O potássio no solo	27
2.2.4 O potássio na videira	27
2.3 Processo biológico: biofertilizante	29
2.3.1 Bactéria envolvida no processo: “ <i>Acidithiobacillus</i> ”	29
3. MATERIAL E METODOS	32
3.1 Área experimental	32
3.3 Instalação e condução do plantio	33
3.4 Caracterização química e física do solo	34
3.5 Descrição das análises	36
3.6 Adubação da videira irrigada para o estado de Pernambuco	37
3.7 Critérios de avaliação para uva de mesa visando o mercado internacional	38
3.8 Tratamentos de fertilização utilizados	40
3.9 Delineamento e análise estatística	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Resultados no solo	42
4.2 Determinação nas folhas	56
4.3 Determinação no mosto	65
4.3 Determinação nos frutos	71
5.CONCLUSÕES	76
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
7. ANEXO	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Atributos químicos (pH, P, S-SO ₄ ⁻² e K) determinados no solo, em função da aplicação de fontes e níveis de P ₂ O ₅ e K ₂ O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.	42
Figura 2. Atributos químicos (Ca, Mg, Fe e C) determinados no solo, em função da aplicação de fontes e níveis de P ₂ O ₅ e K ₂ O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.	48
Figura 3. Teor de fósforo e potássio determinados no solo, em função dos locais de aplicação dos fertilizantes e dos níveis da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após instalação no campo.	54
Figura 4. Elementos minerais (P, S-SO ₄ ⁻² , K, Ca, Mg e Fe) determinados nas folhas, em função da aplicação de fontes e níveis de P ₂ O ₅ e K ₂ O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.	56

LISTA DE FIGURAS DO ANEXO

Figura 1A. Preparo de 1,0 t de biofertilizante fosfatado	93
Figura 2A. Área escolhida para implantação (02/08/04).	93
Figura 3A. Preparo da área (10/09/04).	93
Figura 4A. Preparo das mudas (10/10/04)	93
Figura 5A. Seleção das mudas (14/12/04)	93
Figura 6A. Transporte das mudas para a área a ser implantadaa (16/12/04)	93
Figura 7A. Abertura das covas em 26/11/04	94
Figura 8A. Adição de seixos para auxiliar a drenagem (0,8-1,0 m)	94
Figura 9A. Distribuição dos biofertilizantes e esterco, entre linhas	94
Figura 10A. Distribuição dos fertilizantes e esterco entre plantas nos diferentes blocos e localizações	94
Figura 11A. Distribuição e plantio das mudas em 17/12/07	94
Figura 12A. Tratamento com biofertilizante no nível a 150% da recomendação, bloco 4 (10/06/05).	94
Figura 13A. Tratamento com o fertilizante químico, no nível a 100% da recomendação (11/06/06).	95
Figura 14A. Tratamento com o biofertilizante no nível a 100 % da recomendação (20/12/06).	95
Figura 15A. Tratamento com o pó-de-rocha no nível a 100% da recomendação (20/12/06).	95
Figura 16A. Tratamento com fertilizante químico no nível a 150% da recomendação (20/12/06).	95
Figura 17A. Testemunha com P ₀ K ₀ (20/12/06).	95
Figura 18A. Tratamento com o biofertilizante no nível a 150% da recomendação (20/12/06).	95
Figura 19A. Tratamento com o fertilizante químico no nível a 150% da recomendação (16/02/07).	96
Figura 20A. Tratamento com o pó-de-rocha no nível a 150% da recomendação (16/02/07).	96
Figura 21A. Tratamento com o biofertilizante no nível a 150% da recomendação (16/02/07).	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química e física do Planossolo hidromórfico distrófico.	35
Tabela 2. Caracterização química dos biofertilizantes e dos pós-de-rochas.	36
Tabela 3. Recomendação da adubação da videira irrigada para o Estado de Pernambuco.	38
Tabela 4. Teores de P e K determinados no solo nas fases da videira durante o experimento.	38
Tabela 5. Fertilização dos tratamentos, utilizando fertilizantes químicos, biofertilizantes e rochas moídas, na fase de plantio.	40
Tabela 6. Equações de regressão para os atributos químicos (pH, P, S-SO ₄ ⁻² e K) determinados no solo, em função da aplicação de fontes e níveis de P ₂ O ₅ e K ₂ O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.	43
Tabela 7. Equações de regressão para os atributos químicos (Ca, Mg, Fe e C) no solo, em função de fontes e níveis, aos 26 meses após a instalação no campo.	49
Tabela 8. Equação de Regressão dos teores de P e K avaliadas no solo, em função dos locais de aplicação dos fertilizantes e níveis da recomendação para videiras irrigadas, aos 26 meses após a instalação no campo.	54
Tabela 9. Equações de regressão para os elementos minerais (P, S-SO ₄ ⁻² , K, Ca, Mg e Fe), determinados nas folhas em função da aplicação de fontes e níveis de P ₂ O ₅ e K ₂ O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.	57
Tabela 10. Determinação de pH, fósforo, enxofre (SO ₄ ⁻²), potássio, cálcio, magnésio e ferro no mosto, em função da aplicação de fontes e níveis de fertilizantes químicos (SS e K ₂ SO ₄), biofertilizantes de rochas com P e K e pó de rochas com P e K, aos 26 meses após a instalação no campo.	65
Tabela 11. Determinação de SST, ATT e SST/ATT em função da aplicação de fontes e níveis de fertilizantes químicos (SS e K ₂ SO ₄), biofertilizantes de rochas com P e K, e pó-de-rochas com P e K, aos 26 meses após a instalação no campo	71
Tabela 12. Características físicas da uva quanto ao peso de bagas, peso de cachos, comprimento dos cachos e rendimento dos frutos, em função da aplicação de fontes e níveis, fertilizantes químicos (SS e K ₂ SO ₄), biofertilizantes de rochas com P e K e pó-de-rochas com P e K, aos 26 meses após a instalação no campo	73

LISTA DE TABELAS DO ANEXO

Tabela 1A. Resumo da ANOVA para os teores médios avaliados no solo, considerando-se os fertilizantes, os níveis e as localizações.	89
Tabela 2A. Resumo da ANOVA para os teores médios avaliados nas folhas, considerando-se os fertilizantes, os níveis e as localizações.	90
Tabela 3A. Resumo da ANOVA para os teores médios avaliados no mosto, considerando-se os fertilizantes, os níveis e as localizações.	91
Tabela 4A. Resumo da ANOVA para os valores avaliados nas características físico-químicas da uva, considerando-se os fertilizantes, os níveis e as localizações.	92

RESUMO

A produção de biofertilizantes de rochas é um processo prático que reduz o consumo de energia e aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas, sem promover poluição ambiental. O teor de nutrientes dos biofertilizantes com P e K, varia com o método de preparo e com o material utilizado. Atualmente são denominados biofertilizantes os adubos produzidos com diferentes materiais orgânicos. O objetivo do presente trabalho foi o de verificar o potencial do uso de biofertilizantes produzidos com rochas com fósforo (apatita) e com potássio (biotita), através da adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, comparando com fertilizantes químicos solúveis, na cultura do uva (cv. Itália) no Vale do São Francisco. Realizou-se um experimento em campo, no Município de Santa Maria da Boa Vista (PE) em solo com baixo nível de P e K disponível. Foram aplicadas três fontes de fertilização: biofertilizante com PK, fertilizante mineral (PK), e pó-de-rocha (PK) nos níveis correspondentes a 50%, 100% e o 150% do recomendado para uva irrigada em equivalência para os fertilizantes superfosfato simples (SS) e sulfato de potássio (K_2SO_4). Aplicou-se um tratamento controle sem P e K (P_0K_0). A uva (cv. Itália) foi cultivada no espaçamento 3,50 x 2,50 m, perfazendo um total de 1404 plantas, sendo feito acompanhamento da cultura até a fase de colheita dos frutos. Determinou-se no solo pH, P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg, Fe e C; nas folhas: P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg, e Fe; no mosto: pH, P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg, e Fe; nas uvas: SST ($Brix^0$), ATT, relação SST/ATT, peso de bagas, peso de cachos, tamanho de cachos e produtividade. O experimento foi realizado no esquema fatorial $3 \times 3 \times 3 + 1$, usando o delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições. Utilizou-se a regressão, a análise de variância e a comparação de médias (teste de Tukey-Kramer a 5%), foi realizada usando o software SAS (2003), versão 9.0. Pelos resultados obtidos, concluímos que os melhores fertilizantes para a videira da c.v. Itália foram os químicos solúveis no nível a 100% da recomendação; e o biofertilizante de rochas com fósforo e potássio adicionado de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, pode ser utilizado na cultura da uva, como alternativa a fertilizantes solúveis no nível a 150% da recomendação para videiras irrigadas no Estado de Pernambuco.

Palavras chave: *Acidithiobacillus*, *Vitis vinifera*, bactéria oxidante do enxofre, fertilização com P e K, solubilização de rochas.

ABSTRACT

The production of biofertilizers from rocks is a practical process that may reduce energy consumption and promote nutrients availability for plant growth, without environmental pollution. Nutrient content of P and K biofertilizers varied with the methodology of production and the materials used. Presently biofertilizers are known as manures that are produced using different organic by-products. The aim of this work was to evaluate the potential of the biofertilizers from rock phosphate (apatite) and potash rocks (biotite) plus addition of sulfur inoculated with *Acidithiobacillus*, compared with soluble chemical fertilizers on grape (cv. Italy) grown in the San Francisco Valley. A field experiment was carried in the District of Santa Maria da Boa Vista (PE) in a soil with low available P and K. Tree fertilizers sources were applied: PK biofertilizer, PK soluble fertilizers and PK powered rocks, at levels 50%, 100% and 150% of the recommended levels for irrigated the grapes, equivalent to simple superphosphate (SS) and potassium sulfate (K_2SO_4). A control treatment was added with no P and K applied (P_0K_0). The grape (cv. Italy) was grown spaced 3,50 x 2,50 m, with a total of 1404 plants (1.2 ha), cropped intensively until fruits harvest. In soil were determined: pH, P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg, and Fe; in leaves: P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg and Fe; in must: pH, P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg, e Fe; in grapes: SST ($Brix^0$), ATT, SST/ATT, weight of berries, weight of clusters, size of clusters and fruits yield. The experiment was a factorial ($3 \times 3 \times 3 + 1$) conducted in randomized block design, with 4 replicates. The regression and analyses of variance and data were compared by Tukey-Kramer test ($P=0.05$), using the software Program SAS (2003), version 9.0. By the soil and plants results we conclude that the best fertilizers on grown the grape (cv. Italy) the chemical fertilizers in the 100% recommend; the biofertilizers, from phosphate and potash rocks, plus sulfur with *Acidithiobacillus* the may used as P and K sources in alternative to PK soluble fertilizers and 150% recommended levels for irrigated the grapes in the States of the Pernambuco.

Key words: *Acidithiobacillus*, *Vitis vinifera*, P and K fertilization, rocks solubility, soil acidification, sulfur oxidative bacteria.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco;

%- percentual;

g- grama;

mg – miligrama;

Kg – quilograma;

g dm⁻³- grama por decímetro cúbico;

cmol_c dm⁻³- centimol de carga por decímetro cúbico;

mg dm⁻³- miligrama por decímetro cúbico;

dag kg⁻¹- decagrama por quilo;

mg kg⁻¹- miligrama por quilo;

mg L⁻¹- miligrama por litro;

µg L⁻¹- micrograma por litro;

m – metro;

cm – centímetro;

kg planta⁻¹- quilo por planta;

kg ha⁻¹-quilo por hectare;

ml – miligrama;

SST – sólidos solúveis totais(Brix⁰);

ATT- acidez total titulável;

SST-ATT – relação entre SST/ATT.

1. INTRODUÇÃO

A viticultura é uma das principais culturas de importância econômica e social, e entre as irrigadas destaca-se como a mais comercializada no mercado interno regional e nacional. A região do Submédio São Francisco apresenta, em relação às demais áreas produtoras de vinicultura do país, a importante vantagem de possibilitar a obtenção de ciclos sucessivos de produção¹, com colheitas em qualquer época do ano.

O processo de expansão da área cultivada e o grande volume de produção na região do Submédio São Francisco refletem diretamente na qualidade ambiental, tendo em vista que os processos fisiológicos da videira são acelerados, uma vez que há aplicações sucessivas de fertilizantes e agroquímicos que liberam resíduos nos solos e podem atingir os cursos d'água promovendo contaminação.

Esta contaminação está relacionada principalmente com o lençol freático, sendo este um dos principais meios de transporte de aquíferos, promovendo a eutrofização no caso dos fertilizantes fosfáticos de formulações solúveis, provenientes de processos químicos industriais; e a salinização do solo em relação aos fertilizantes potássicos, que se apresentam na sua maioria como sais.

Portanto, uma das principais preocupações dos pesquisadores está centrada na formulação de novos fertilizantes que possam ser utilizados de forma adequada com menos agressividade no ambiente, e neste sentido esforços têm sido promovidos pela ciência no intuito de desenvolver novos procedimentos, visando a redução dos custos de produção com fundamentos em processos naturais.

O uso direto de rochas com atuação de microrganismo oxidante de enxofre vem auxiliar as pesquisas com produção de novos materiais fertilizantes, através de fontes alternativas em substituição a fertilizantes minerais solúveis. As rochas naturais são, preferencialmente, utilizadas em cultivos perenes, como fruteiras e

¹ Considerando-se que o ciclo de produção oscile entre 100 e 120 dias, no caso da uva Itália, pode-se obter até três safras ano⁻¹, mediante o manejo da irrigação e da realização de podas programadas, possibilitando a produção durante todo o ano.

pastagens naturais e, ainda em sistemas de produção onde se pretende elevar os níveis de fósforo, complementando por aplicações anuais deste material.

Neste sentido, a presente pesquisa está relacionada à utilização de rochas que não são normalmente utilizadas pela indústria química de fertilizantes, através da adição de bactéria oxidante de enxofre do gênero *Acidithiobacillus*, que promove a solubilização de fosfatos de rochas fosfáticas (apatita), e a liberação de potássio de rochas potássicas (biotita), que podem ser utilizadas como fontes de nutrientes, e que neste trabalho serão denominados de biofertilizantes de rochas.

Vale ressaltar também, que se torna necessário ampliar os conhecimentos sobre as condições ideais na aplicação destes materiais, tornando possível a obtenção de resultados satisfatórios no desenvolvimento das culturas e do meio ambiente, principalmente em relação a aspectos importantes como: características dos fertilizantes, características do solo, práticas de manejo, tipo de cultura e o tempo de atuação do produto no solo.

O objetivo do trabalho foi de avaliar os efeitos da aplicação de biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas na produtividade e absorção de nutrientes pela cultura da uva de mesa (cv. Itália), comparando com fertilizantes minerais solúveis e com a rocha moída, e de verificar sua atuação em características químicas de um Planossolo hidromórfico distrófico, característico da região do Submédio do São Francisco.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fosfatos naturais

O fósforo é um dos elementos vitais para a agricultura e para a vida em geral, porque contribui em todas as cadeias alimentícias, participando de todas as reações químicas e de compostos minerais como combinações orgânicas (lecitina, fitinas e proteínas). Nas plantas, constitui os fosfolipídios e ácido nucléico, e a sua redução implica principalmente na queda do crescimento e da produção de grãos, e implica na conseqüente deficiência no valor alimentício (Castro & Melgar, 2005).

As plantas absorvem o fósforo da solução do solo, na fase aquosa, onde se encontra a maioria dos demais elementos. O fósforo pode sustentar a vida vegetal, porém o que normalmente ocorre na solução do solo é insuficiente para suprir a demanda da grande maioria das culturas, principalmente as que apresentam maior potencial de rendimento, e além do mais, a natureza não dispõe de muitas fontes disponíveis para repor o fósforo extraído pelas culturas (Lapido-Loureiro, 2005b).

2.1.1 Fosfatos Naturais no Brasil e no Mundo

Nas últimas décadas, principalmente visando à qualidade do meio ambiente, foram intensificadas as pesquisas para utilização de fontes naturais de fósforo, como alternativa em substituição aos fertilizantes minerais solúveis (Nascimento & Lapido-Loureiro, 2004). Estudos recentes desenvolvidos sobre fosfatos naturais ou rochas fosfáticas mostram que o Brasil ocupa a 9ª colocação de reserva mineral de fosfato natural, com cerca de 300 milhões de toneladas.

No entanto, em termos mundiais, as principais reservas minerais de fosfatos naturais são encontradas em Marrocos (21 bilhões de toneladas), China (10 bilhões de toneladas), EUA (4 bilhões de toneladas), República da África do Sul (2,5 bilhões de toneladas) e Jordânia (1 bilhão), o que representa 83,5% do patrimônio mundial de rocha fosfática. As principais jazidas de exploração de rochas fosfática no Brasil são situadas em Catalão e Ouidor (GO), Araxá e Tapira (MG) e Jacupiranga (SP), de acordo como o DNPM (2005a).

A avaliação da análise química dos fosfatos naturais permite determinar a espécie química existente entre os componentes minerais (Suguió, 2003); fornecendo dados para estimar o potencial para o beneficiamento e sua aplicabilidade, uma vez que abrangem ampla variação, nesse tipo de minério, em relação à composição, textura e origem geológica (Fontes et al., 2001). Os fosfatos naturais são reunidos como uma ampla gama de minerais fosfatados, de diferentes origens e composições, o que lhes conferem distintas propriedades e grande variação na sua eficiência, como fonte de P às culturas (Oba, 2004).

2.1.2 Definição, origem, classificação e ocorrência dos fosfatos naturais

Os fosfatos naturais são concentrados apatíticos, cuja formação provém de minérios fosfáticos, ocorrentes em jazidas, podendo fazê-los, passar ou não por processos físicos de concentração, através da flotação, para separá-los dos outros minerais com os quais estão misturados na jazida (Nascimento & Lapidou-Loureiro, 2004). A denominação fosfato natural ou rocha fosfática cobre uma ampla variação nesses tipos de minérios, em composição, textura e origem geológica, mas apresentam pelo menos uma característica em comum, que são constituídos como os minerais do grupo das apatitas (Chaves & Oba, 2004).

Alguns pesquisadores classificam os depósitos de rocha fosfática em três classes, em consonância com a composição mineral: fosfato de ferro-alumínio (Fe-Al-P) (Lapido-Loureiro & Nascimento, 2003); fosfato de cálcio-ferro-alumínio (Ca-Fe-Al-P) e fosfatos de cálcio (Ca-P). Estas três classes constituem uma seqüência natural de intemperização dos depósitos de rocha fosfática, na qual as formas estáveis de fosfatos de ferro-alumínio representam o estágio mais avançado de intemperismo e o fosfato de cálcio representa a rocha matriz (Nascimento, 2003).

A classe de maior importância econômica é a do Ca-P, por causa do uso industrial para os mais variados fins, especialmente na indústria de fertilizantes, enquanto que as demais classes têm escassa possibilidade de utilização (Prochnow & Alcarde, 2003).

Deve-se destacar que os jazimentos fosfáticos não são constituídos de uma única classe de fosfatos, mas podem ser uma complexa reunião de fosfatos agrupados ou dispersos pela jazida, em que uma das classes predomina sobre as demais (Suguió, 2003). Normalmente, as jazidas de minério de fosfato possuem teores de P_2O_5 inferiores aos necessários para seu processamento industrial (Van Straaten, 2002). Por isso, precisam ser beneficiados, separando-os dos minerais com o quais estão misturados, para obter o concentrado fosfático, dito fosfato natural concentrado, com teor de P adequado ao processo industrial para uso na produção de fertilizantes (Oba, 2004).

Os fosfatos de cálcio (Ca-P) representam a classe predominante, quando se considera as quantidades, e são os fosfatos economicamente mais importantes dos jazimentos de minério fosfático (Nascimento & Lápido-Loureiro, 2004). Os fosfatos minerais comerciais desta classe são aqueles denominados coletivamente de fosfatos naturais ou rocha fosfática, cujos principais componentes são os minerais apatíticos. A apatita cuja composição química é $Ca_{10}(PO_4)_6X_2^1$, é considerada o décimo mineral em abundância na crosta terrestre, e ocasionalmente, ocorre em concentrações massivas (Lápido-Loureiro, 2005a).

Dentre o grupo de minerais apatíticos, temos a flúor-apatita $Ca_{10}(PO)_4F_2$ que é usualmente aceita como principal componente do fosfato natural (Oba, 2004); cuja composição difere dos outros minerais, por causa das várias substituições isomórficas, na rede cristalina, especialmente do fosfato por carbonato, ocorridas durante sua gênese e refletem as condições geoquímicas que conduziram a sua formação (Chaves & Oba, 2004).

Os depósitos de fosfatos de origem ígnea ou magmática, são geralmente pobres em sílica, possuem textura simples e contém rochas associadas aos carbonatitos sendo conhecidas por rochas ultrabásicas, em que flúor-apatita é o principal mineral fosfático, como Jacupiranga e Catalão no Brasil, e Tennessee nos EUA. Estes fosfatos representam 17 % das reservas mundiais, e cerca de 50 % das reservas brasileiras (Fernandes et al., 2004).

¹ O 'X' pode ser flúor, cloro, oxidrila ou carbonato.

No entanto, o cristalino da apatita ígnea, além da variedade flúor-apatita pode apresentar hidroxi-apatita e cloro-apatita os quais se destacam por conter até 42 % de P_2O_5 total. Em relação aos minerais mais comuns associados à apatita de origem ígnea temos a nefelina, os feldspatos, as micas, os piroxênios e os anfibólios (Zapata & Roy, 2004).

De acordo com Chaves & Oba (2004), os fosfatos, de origem sedimentar possuem história geológica complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica). Sua textura é subdividida em rochas consolidadas, que apresentam cimentação que, segundo Solomons (1991), é uma precipitação nos interstícios porosos entre os grãos do sedimento, cimentando todos os vazios, resultando numa rocha compacta e dura (Oliveira et al., 2002).

Os fosfatos, de origem metamórfica, representam uma categoria intermediária entre as rochas sedimentares e ígneas, mas são rochas duras e apresentam outros minerais misturados entre si, conservando a estrutura básica dos sedimentos; são, também, identificadas como rochas meta sedimentares (Zapata & Roy, 2004).

No mercado brasileiro são encontrados alguns dos fosfatos naturais reativos que permitem sua utilização diretamente na agricultura, como os fosfatos naturais da Carolina do Norte nos EUA; de Gafsa na Tunísia; de Daoui em Marrocos, de Sechura no Peru e o de Arad em Israel (Santos Quispe, 2004).

2.1.3 Importância da acidez em fosfatos no solo

Particularmente, para os fosfatos naturais (FNs) menos reativos, insolúveis em água, é necessário o suprimento de acidez (prótons) para que alguma dissolução se inicie. Portanto, o suprimento de prótons (H^+) torna-se particularmente importante para a dissolução de FNs de baixa reatividade (Biasioli, 2003). Para que os prótons de H^+ se façam presentes, nos produtos da dissolução do orto-fosfato ($H_2PO_4^{-1}$), é necessário que o mesmo seja fornecido para o FN, pois não o tem em sua constituição¹ (Oba, 2004).

¹ Esse suprimento de prótons para o FN pode ser feito, na indústria, pela adição de ácido sulfúrico (H_2SO_4), produzindo fosfato supersimples (SS), ou pela adição de ácido fosfórico (H_3PO_4), produzindo fosfato supertríplo (ST).

A dissolução da apatita consome íons de H^+ e, assim, podem aumentar o pH do solo, dependendo da reatividade do fosfato natural, pois se contiver uma quantidade significativa de carbonatos livres, pode elevar o pH do solo, reduzindo o nível de saturação do Al, e limitando, concomitantemente a dissolução da apatita. Portanto, a melhor condição para um solo, seria aquela em que o pH proporcione redução no nível de saturação do Al, mas que esteja liberando P (Zapata & Roy, 2004).

A acidez necessária à dissolução do FN também pode ser suprida biologicamente, tanto pela planta (Saleque & Kirk, 1995; Bolan et al., 1997) como por microrganismos (Germida & Janzen, 1993; He et al., 1996 ; Stamford et al. 2002 e 2003).

A reação de dissolução¹ de fosfatos naturais à base de apatita segundo Horowitz et al. (2003), destaca que a quantidade de P ao meio depende da presença de íons de H^+ na solução e a maior liberação de P ocorre com maior concentração de H^+ . A redução do pH favorece o aparecimento de prótons, que auxiliam na dissolução da estrutura da apatita e, por conseqüência, ocorre maior liberação de P ao meio.

Com o aumento do pH e conseqüente restrição de íons de H^+ no meio, a reação tende à esquerda, o que levaria uma menor liberação de P ao meio (Biasioli, 2003). Pode-se, além disso, produzir ácido fosfórico adicionando maiores quantidades de ácido sulfúrico, como o processo que é realizado nas indústrias (Nascimento, 2003), representado pela equação abaixo:



Outrossim, sabe-se que o fosfato natural de baixa reatividade, apresenta menor solubilidade em água, configurando-se solúvel em meio ácido; trata-se, portanto, de um composto de difícil solubilização, ao contrário do que normalmente ocorre com os fertilizantes industriais acidulados (Oba, 2004).

2.1.4 A fixação de fósforo em solos

À fixação de fosfatos nos solos diz respeito à precipitação de íons de Fe^{+2} , Fe^{+3} e Al^{+3} (formando compostos insolúveis, tornando o fosfato indisponível para

¹ $Ca_{10}(PO_4)_{6-x}(CO_3)_x F_{0,4x+2} + 12H^+ \leftrightarrow 10Ca^{+2} + (6-x)H_2PO_4^{-1} + CO_2 + (2+0,4x) F + xH_2O$
onde: “ X ” representa a quantidade de carbonato na reação de dissolução da apatita (Horowitz et al., 2003).

as plantas), aos argilominerais, como a caulinita (que apresenta interface com carga reversível dependente de pH) (Horowitz et al, 2003); aos óxidos de Fe e Al (adsorção específica), sendo estes os principais responsáveis pela adsorção de fosfatos em solos ácidos. Por outro lado, em solos neutros e alcalinos, o maior responsável pela adsorção do fósforo é a precipitação com cálcio, formando o fosfato bicálcico, que torna o fósforo indisponível para as plantas (Raij, 2003).

De acordo com Santos Quispe (2004) a fixação de fósforo em solos, é um problema dos mais sérios, pode interferir na produtividade das culturas, fazendo-se mister a avaliação da capacidade máxima de adsorção do solo, que são conhecidas por curvas de adsorção ou isotermas de adsorção, obtidas em testes de laboratório, situação em que são adicionadas soluções com concentrações crescentes do ânion em um volume conhecido, e, após o equilíbrio, determinam-se as quantidades do ânion que ficaram retidos na amostra do solo.

2.1.5 O fósforo na videira

Este nutriente é encontrado no solo, sob a forma de compostos fosfatados de cálcio, de ferro e de alumínio e na forma orgânica, sendo absorvido, principalmente, através do íon ortofosfato $H_2PO_4^{-1}$, e transportado pelo processo de difusão (Malavolta, 2004); a sua concentração em folhas de videiras produtivas, no vale do São Francisco varia entre 0,20 a 0,35 dag kg^{-1} (Faria et al., 2004a).

O fósforo apresenta-se como um nutriente dotado de mobilidade na planta, movimenta-se dos tecidos mais velhos para os tecidos meristemáticos, tendo, como principal função, a transferência de energia; encontra-se participando também da composição de vitaminas, ácidos nucleicos, difosfato e trifosfato de adenosina, que são transportadores de energia no cloroplasto (Malavolta, 2004).

Os sintomas de deficiência de fósforo ocorrem inicialmente nas folhas mais velha e se caracterizam por uma clorose, como também, a presença de antocianina, notada de coloração roxo-violeta, evoluindo para uma necrose; posteriormente, ocorre dessecamento e desfolhação (Faria et al., 2004a).

Jacobs (2002) avaliou o excesso de fósforo em videiras produtivas e concluiu que este elemento quando determinado nas folhas e apresenta teores

acima de $0,35 \text{ dag kg}^{-1}$, compromete a qualidade da uva e conseqüentemente do vinho, ou seja, enquadrando este vinho numa classificação inferior.

2.2 Minerais potássicos

O potássio é um dos dez elementos mais abundantes na crosta terrestre, contudo somente na natureza ocorre sob a forma de compostos. Além dos típicos minerais de minério, formados por cloretos e sulfatos, o potássio encontra-se na composição de inúmeros outros; com teores acima de 10 % de K_2O , em nove dezenas; entre 2 % e 10 % de K_2O , em mais duas centenas, em particular nos do grupo dos feldspatos alcalinos e das micas (Nascimento & Lápido-Loureiro, 2004).

Todo o hemisfério sul é pobre em depósitos de potássio, e no Brasil há apenas uma mina em operação, a de Taquari-Vassouras, em Sergipe, que atende tão somente a cerca de 10 % das necessidades do país em sais de potássio. O Brasil é um grande consumidor e importador de fertilizantes. O mercado brasileiro triplicou o seu volume entre o período de 1991 e 2003, mas a produção interna satisfaz a menos de 10% das necessidades de potássio, 52% de fósforo e 32% de nitrogênio (DNPM, 2005b).

Portanto, os estudos de materiais e rotas alternativas para a produção de fertilizantes potássicos revestem-se de grande importância para a agricultura brasileira, devido às características dos solos, da forte dependência de importações e da grande distância de países que detêm a maior concentração de potássio (Nascimento, 2003).

O potássio está presente na rede cristalina de numerosos minerais, não obstante, apenas um pequeno número é utilizado como minerais de rochas, tornando-se mais importantes por apresentarem valor econômico, devido a sua composição rica em potássio, e pela fácil solubilização dos cloretos¹ e dos sulfatos² (Lápido-Loureiro et al., 2005).

De acordo com Nascimento & Lápido-Loureiro (2004) fontes de rochas e minerais de solubilização lenta poderão servir como fontes alternativas potenciais para a produção de fertilizantes potássicos como: os feldspatos ortoclássio (14 %

¹ Cloreto de potássio como a silvita (52,44 % de K_2O) e a carnalita (14,07 % de K_2O);

² Sulfato de potássio como a arcanita (44,88 % de K_2O), a glaserita (35,29 % de K_2O), a langbainita (18,84 % de K_2O), a leonita (21,33 % de K_2O) e a polyhalita (12,97 % de K_2O);

de K_2O) e microclínio (14 % de K_2O); as rochas ígneas como os granitos¹ e os sienitos²; e as rochas sedimentares, como os arcósios (feldspatos ortoclássio e quartzo).

Podem ser destacadas, também, as rochas metamórficas onde o potássio pode ser encontrado, como na ardósia (muscovita, clorita e quartzo), nos filitos (muscovita, clorita e quartzo) e em micaxistos (muscovita, clorita ou biotita em palhetas) (Ruberti et al., 2003). Também em outros minerais do grupo das micas, como: a muscovita (9,81 % de K_2O) e a biotita (9,04 % de K_2O) (Nascimento, 2003); destacam-se também as micas como a Lepidolita (10 % de K_2O) e a Flogopita (9,3 % de K_2O), de acordo com Van Straaten (2002); e os feldspatóides como: kalsilita (24,7 % de K_2O) e leucita (17,8 % de K_2O) (Xavier, 2001).

Portanto, neste contexto o uso de microrganismo, como a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*, pode atuar na solubilização de fontes alternativas de rochas e minerais potássicos, liberando quantidades suficientes deste elemento para o meio e possibilitando a utilização de nutrientes pelas plantas (Stamford et al., 2002).

2.2.1 Recursos minerais, produção e aplicação de potássio como fertilizante no Brasil

No Brasil, as reservas de sais de potássio são da ordem de 14 bilhões de toneladas (silvita e carnalita), das quais 65 % estão localizados nas Bacias Sedimentares de Sergipe e Alagoas e na Bacia do Amazonas (DNPM, 2005b).

Os depósitos na Amazônia foram descobertos em 1955, durante a execução de um programa de pesquisa sobre o petróleo pela Petrobrás. Foram encontrados sedimentos de sais de potássio, gipsita, anidrita e calcário na região de Nova Olinda, Tapajós e Nhamundá-Trombetas. De acordo com o Sumário do Mineral Brasileiro, as reservas de silvinita na Amazônia, somam um bilhão de toneladas com teor médio de 18,47 % de K_2O (DNPM, 2004).

Em Sergipe, totalizam cerca de 504 milhões de toneladas de silvinita (9,7 de K_2O) e 3 bilhões de toneladas de carnalita (8,3% de K_2O). Esses depósitos encontram-se nas sub-bacias de Taquari-Vassouras e Santa Rosa de Lima,

¹ Rochas de granitos composta de feldspatos ortoclássio, quartzo e micas;

² Rocha sienito composta de feldspatos ortoclássio/microclínio e minerais de ferro-magnesianos.

municípios de Rosário do Catete, Carmópolis e Santa Rosa de Lima; dessas reservas, já foram exploradas cerca de 21,71 milhões de toneladas de minério, desde 1985. No entanto apenas 129,6 milhões de toneladas de silvinita se definiram passíveis de serem exploradas (DNPM, 2005b).

Devido à escassez de minérios de potássio, tradicionais no Brasil, e a forte dependência dos países importadores de matérias primas para fertilizantes, há uma investigação dos depósitos sedimentares de silvita, silvinita, carnalita e arenitos feldspáticos, rochas ígneas das famílias dos sienitos e carbonatitos; ou ainda, rochas enriquecidas de potássio por processos hidrotermais e outras rochas com minerais ricos de potássio, também, devem ser considerados, como hipótese para aplicação direta na agricultura na preparação de fertilizantes potássicos no Brasil e em outros países (Nascimento, 2003).

Dentro dos minerais silicatados, mais comuns, com teores elevados de potássio, as micas se destacam pelas suas propriedades cristaló-químicas e são, certamente, além dos feldspatos potássicos, os de maior interesse potencial por serem abundantes na natureza e por estarem presentes em muitas rochas (Lapido-Loureiro et al., 2005).

Na bacia amazônica brasileira, pesquisadores encontraram a mica biotita nos granitos de São Jorge Antigo, São Jorge Jovem e Jardim do Ouro da região de Vila Riozinho, Província Aurífera do Tapajós. Foram detectada as seguintes variações dos teores de K_2O (9,25-10,30 %), K (1,86-2,00 %), MgO (6,41-14,22) e Mg (1,51-3,20 %), através da análise de microsonda e concluiu-se que se trata da classificação da biotita magnésiana de potássio (Lamarão & Dall'Agnol, 2004).

A composição mineralógica das rochas susceptíveis de aplicação direta na agricultura poderá interferir na cinética de liberação, migração, fixação, pela modificação que pode provocar no pH dos solos, como os carbonatitos, que são rochas ricas de carbonatos de cálcio e magnésio, que contém micas e que podem fornecer potássio e promover um aumento do pH (Lapido-Loureiro, 2005a). Por outro lado, minerais, como a biotita, contendo Fe^{+2} e a muscovita, Al^{+3} , poderão agravar o problema dos Latossolos, em se tratando dos seus teores em Fe e Al (Nascimento & Lapido-Loureiro, 2004).

Portanto, a aplicação destes minerais, como fertilizante de solubilização lenta, deverá exigir estudos aprofundados e acurados da química dos solos e

cinética de migração dos íons, em conformidade com as características pedológicas e morfoclimáticas locais, como também, definir a longo prazo, sobre a liberação do potássio, com relação à produção e exportação, resultante da atividade agrícola intensa (Nascimento, 2003).

2.2.2 Mineralogia do potássio

Apesar da existência dos minerais de rocha além dos que são largamente utilizados, como minerais e rochas ricos em potássio, passíveis de serem aproveitados como fontes alternativas para fertilizantes, destacam como os principais, o grupo dos silicatos: os filossilicatos e os tectossilicatos (Melgar & Castro, 2005).

Uma importante característica dos minerais de silicatos é a capacidade do alumínio em substituir o silício no tetraedro, e por causa desta substituição de Si^{4+} por Al^{3+} , a carga líquida da estrutura, conseqüentemente deve mudar (Stuki, 1999); este processo é conhecido por substituição isomórfica, cuja estrutura cristalina não muda (Madureira Filho et al., 2003).

Os filossilicatos¹, estrutura característica das micas, cujo cristal é formado pelo empilhamento de camadas muito delgadas, com aspecto semelhante a folhas de papel sobrepostas umas as outras; camadas que apresentam estrutura em lâminas, e são representadas pelos minerais, que contêm K, como: biotita, flogopita e muscovita, (Oliveira et al., 2002).

Na estrutura da mica, cada quatro átomos de silício é substituído por alumínio, apresentando o composto $\text{AlSi}_3\text{O}_{10}^{-5}$ entre as camadas de aluminossilicatos; estas camadas podem formar uma camada dupla similar à estrutura do talco, gerando a fórmula $[(\text{Fe},\text{Mg})_3(\text{OH})_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})]^{1-}$ (Fontes et al., 2001).

Verifica-se que a troca de Si^{4+} por Al^{3+} criou um excesso de carga negativa por substituição isomórfica; e para promover a eletroneutralidade, requer a adição de um monocatión tal como o K^+ , podendo formar: a biotita ferromagnésiano de potássio², mais conhecida como biotita ou mica preta

¹ Filossilicatos (do grego phyllon = folha, lâmina);

² Biotita ferromagnésiano de potássio $[\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH},\text{F})_2]$;

estando o Mg^{2+} ou Fe^{2+} ligados aos hidróxidos ou flúor, mantendo as camadas unidas; a flogopita¹; ou a muscovita², conhecida por mica branca que tem estrutura similar as outras micas, no entanto contém Al^{3+} , ao invés de Mg^{2+} ou Fe^{2+} (Peroni, 2003).

A biotita e a flogopita se decompõem com mais facilidade que a muscovita, devido à existência do Fe^{2+} , em sua estrutura que se oxida facilmente, ou o Mg^{2+} que tende a interagir com hidroxilas. A muscovita é muito resistente ao intemperismo, mas também se decompõe; as micas apresentam como produto do intemperismo: argilominerais, hidróxido de ferro ou alumínio, compostos de silício e $K^+(aq)$. Essas micas são importantes fornecedoras de K ao solo e estão associadas às argilas. A muscovita é mais comum que a biotita e a flogopita devido a sua maior resistência ao intemperismo (Oliveira et al., 2002).

Portanto, a substituição isomórfica constitui-se na ocorrência de uma espécie iônica em lugar de outra, sem que isso cause alteração da estrutura cristalina, por exemplo: Al^{3+} no lugar do Si^{4+} (Schulze, 2000). Um outro aspecto relevante se refere a energia de ligação tetraédrica entre o Al-O que é de 1800 kcal e o da ligação entre Si-O que é de 3000 kcal (Klein & Hurbult, 1999); do qual deduzimos que, os tetraedros, ocupados pelos cátions de alumínio possuem menor resistência ao intemperismo do que os cátions de silício, ou seja, quanto maior substituição de Si por Al., na estrutura do mineral mais susceptível este se torna à decomposição (Schulze, 2000).

2.2.3 O potássio no solo

O potássio encontra-se no solo nas seguintes formas: (1) K na solução do solo, extraído com água; (2) K-trocável, extraído com NH_4OAc , Mehlich-1 ou resina de troca iônica; (3) K-não trocável, extraído com H_2SO_4 ou HNO_3 á quente; (4) K-total, extraído com HF. O K-trocável refere-se ao potássio retido na CTC do solo, de forma amena; o K-não trocável corresponde ao potássio retido na estrutura dos minerais, como feldspato potássicos e as micas, assim também o K-fixado nos argilominerais, como a vermiculita e a esmectita (Curi, 2004).

Existe um equilíbrio entre essas formas de potássio no solo. As plantas absorvem K da solução, tamponado pelas formas trocáveis, que são obtidas pelas formas de K-não trocáveis, consideradas reservas utilizadas em longo prazo para

¹ Flogopita $[K(Mg_3)(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2]$;

² Muscovita, mica branca $[K(Al_2)(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2]$;

as plantas; sob o ponto de vista de nutrição da planta, o equilíbrio mais importante ocorre entre o K-trocável e o K na solução, que são fontes imediatas de K para as plantas; e a exaustão destas formas, o K-não trocável, representante da reserva em longo prazo, é lentamente liberado para o solo, podendo, então ser absorvido pelas plantas, retido pela CTC, fixado ou lixiviado (Malavolta, 2004).

Portanto, o K não-trocável pode ser uma fonte disponível às culturas que o utilizam em longo prazo, dependendo da cinética de liberação desta forma de K para a solução do solo, principalmente dos fatores relacionados à mineralogia e à proporção de potássio em cada fração granulométrica (Castilhos & Meurer, 2001).

No entanto, é possível que a preservação do K não-trocável seja comprometida, provocando algumas conseqüências, como alterações nas fases minerais do solo que contêm K, tendo em vista que plantas com grande capacidade de absorver K podem influir na relação entre as reservas de K do solo e a sua disponibilidade, acarretando alterações da fase mineral do solo (Meurer, 2000).

Todavia, verificam-se diferentes situações, em que a quantidade de K extraída da solução do solo, pelas plantas, com freqüência, é superior às formas trocáveis, e então as formas não trocáveis contribuem significativamente para o total do K absorvido pelas plantas. Entretanto, a contribuição de formas não trocáveis, no suprimento às plantas, está relacionada à presença de minerais primários e secundários como fonte de potássio no solo (Curi, 2004). Nesse sentido, em solos agrícolas, a alteração dos minerais potássicos pode ser minimizada, através da adição de fertilizantes potássicos (Lapido-Loureiro & Nascimento, 2004) e o uso de certas espécies de plantas que sejam capazes de reciclar esse elemento (Campóra, 2003).

2.2.4 O potássio na videira

O potássio é absorvido na forma de íon K^+ , sendo transportado pelo processo de difusão (Malavolta, 2004); apresentando-se móvel no interior das plantas (Bates, 2001). A concentração normal de potássio nas folhas da videira, no vale do São Francisco, varia de 1,2 a 2,0 dag kg^{-1} (Faria et al., 2004a). E o teor

de açúcares sofre influência da aplicação de potássio no solo Brunetto et al. (2007).

Já os sintomas de deficiência de potássio ocorrem em folhas mais velhas; na variedade branca, os sintomas iniciais se caracterizam pelo amarelecimento nas proximidades das bordas foliares, e com o agravamento desta deficiência, as bordas ficam necrosadas; na variedade de cor tinta, as folhas tornam-se avermelhadas, à semelhança da branca, também desenvolvem necrose nas bordas (Faria et al., 2004a).

Na observância da avaliação dos sintomas de deficiência, realizam-se, atualmente, diversificados trabalhos, como este trabalho realizado por Souza Leão et al. (2004), avaliando o excesso de nitrogênio, cálcio e magnésio, causado pelo potássio que se apresenta superior aos valores normalmente encontrados em solos cultivados com videiras (cv. Itália); os autores concluíram que o nitrogênio apresentou sinergismo em relação ao potássio contribuindo para o aumento deste na necessidade planta, mas os teores de cálcio e magnésio apresentaram efeito antagônico, de modo que dificultaram a absorção de potássio pelas raízes.

Mpelasoka et al. (2003) investigaram os níveis de potássio acumulados na casca da uva e concluíram que a deficiência deste nutriente influenciou na qualidade inferior do vinho. Os resultados indicaram que a realização do monitoramento, através da análise foliar para o controle do problema, foi decisiva para a aplicação de níveis adequada de potássio principalmente, na fertirrigação.

Jacobs (2002) avaliou o excesso de potássio em videiras produtivas e concluiu que este proveu o acúmulo de ácido málico que se acumula na baga, e que valores obtidos na diagnose foliar, com teores acima de $2,5 \text{ dag kg}^{-1}$, comprometem a qualidade do vinho, ou seja, enquadrando este vinho numa classificação inferior.

2.3 Processo biológico: biofertilizante

Nas últimas décadas, visando o aproveitamento de novas tecnologias para a obtenção de fertilizantes biológicos, intensificaram-se a utilização de minerais de rochas (Nascimento & Lápido-Loureiro, 2004); e quanto à técnica de inoculação de bactérias, adicionada ao enxofre, com a finalidade de extrair

nutriente de minerais, resultou no produto conhecido por biofertilizante (Stamford et al., 2003)

Nascimento (2003) atribui como principal preocupação em relação aos fertilizantes potássicos, a ocorrência de salinização dos solos quando estes fertilizantes são adicionados em grandes quantidades em solos que não possuem drenagem, agravando a utilização dos fertilizantes solúveis, principalmente no nordeste.

Neste contexto, a produção de novos fertilizantes que possam ser utilizados nestes cenários, visto que são pouco solúveis e não promovem a salinização de solos; sendo o biofertilizante, formado pela oxidação biológica de enxofre inoculado pela bactéria *Acidithiobacillus* (Stamford et al., 2006 e 2007), adicionados em minerais fosfatados e potássicos, como uma alternativa viável na utilização destes minerais, principalmente em solos do Sertão Nordestino.

2.3.1 Bactéria envolvida no processo: “*Acidithiobacillus*”

Um grande número de microrganismos apresentam capacidade de oxidar o enxofre elementar, incluindo os membros do gênero *Thiobacillus*, bactérias fotossintéticas, pigmentadas e filamentosas, e heterotróficos vários. Entretanto, apenas o *Thiobacillus* e os heterotróficos desempenham um importante papel na oxidação do S em solos cultivados ou em solos nativos (Villar, 2003).

O gênero *Thiobacillus* é o mais importante entre as bactérias que oxidam o enxofre, e conforme alguns autores existem dois grupos principais deste gênero: um formado por quimioautotróficos obrigatórios, que obtém energia de oxidação do S e utiliza o CO₂, como principal fonte de carbono (Rohwerder & Sand, 2003); e outro, formado por autotróficos facultativos, que podem crescer autotroficamente, heterotroficamente ou de ambas as maneiras (Lombardi & Garcia Júnior, 2001).

Devido à grande variabilidade das características fisiológicas e filogenéticas entre suas espécies, o gênero *Thiobacillus* foi, reclassificado por Kelly & Wood (2000), os quais propuseram a criação de três novos gêneros: *Acidithiobacillus*, *Thermithiobacillus* e *Halothiobacillus*. As espécies do novo

gênero *Acidithiobacillus* compreendem as seguintes espécies: *A. ferrooxidans*, *A. thiooxidans*, *A. caldus* e *A. albertensis*.

Esse gênero caracteriza-se por ser obrigatoriamente aeróbio e obrigatoriamente acidofílico, com pH ótimo menor que 4,0. As espécies mesofílicas apresentam temperatura ótima entre 30 e 35°C, e a espécie moderadamente termofílica (*A. caldus*) apresenta temperatura ótima de 45°C. O gênero *Acidithiobacillus* é considerado o principal acidofílico de oxidação de enxofre e do ferro e de outros metais pesados (Golyshina & Timmis, 2005).

No entanto daremos ênfase às bactérias do gênero *Acidithiobacillus*. Estas bactérias são células gram-negativas, na forma de bastonetes, com dimensões de 0,5 µm de diâmetro por 1,0 a 4,0 µm de comprimento, tendo mobilidade através de flagelo. No entanto, por serem fixadoras de CO₂ são capazes de apresentar crescimento autotrófico e também de serem quimiolitotróficas obrigatórias (Kelly & Harrison, 1989).

Este fenômeno da oxidação de formas reduzidas de enxofre a sulfato é mediado por sistemas enzimáticos existentes no espaço periplasmático da membrana celular, sendo explicado da seguinte maneira: o enxofre elementar é oxidado a sulfito (SO₃⁻²) através da enzima dioxigenase. Por fim, a oxidação de sulfito a sulfato ocorre, por outra enzima dehidrogenase (Rohwerder & Sand, 2003).

No entanto alguns autores como Golyshina & Timmis (2005), consideram que a principal desvantagem relacionada com o cultivo de bactérias do gênero *Acidithiobacillus*, é o rendimento energético da oxidação de compostos inorgânicos, ou seja o gasto de energia, que é menor que o da utilização de substâncias orgânicas, fazendo com que seja necessário um maior tempo de incubação para o crescimento de uma biomassa razoável. Entretanto, o crescimento acelerado de biomassa microbiana não é absolutamente necessário, para a atuação no processo de produção do biofertilizante.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em campo, na região do Submédio São Francisco, na Fazenda Pérsico, pertencente ao Grupo da Vitivinícola Milano, em Santa Maria da Boa Vista – PE, no período de janeiro de 2004 a fevereiro de 2007, com a cultura da uva (*Vitis vinifera* L. cv. Itália), irrigadas por gotejamento. No entanto, a avaliação do experimento foi realizada durante o segundo ciclo da cultura, no primeiro semestre de 2007 (colheita em 16/02/2007).

A Região do Vale do São Francisco, possui relevo local plano, com uma vegetação original de caatinga, localizada no Semi-Árido de Pernambuco, com latitude de 09^o09'S, longitude de 40^o22'W, altitude de 325,5 m e clima do tipo BSwh (climaticamente árido), segundo a classificação de Koepen.

3.1 Área Experimental e preparo das mudas

Atualmente existe um programa integrado de frutas¹(PIF), em videiras, realizado com a parceria da Embrapa, Valeexport² e Agricultores no Vale do São Francisco que controlam os níveis de agroquímicos, garantindo a utilização correta dos insumos. A área experimental está localizada na área do PIF n^o1, da Fazenda Pérsico.

Realizada a escolha da área, iniciou-se o preparo das mudas no viveiro da Fazenda Milano; as plantas da variedade Itália, foram enxertadas sobre o porta enxerto IAC 313³, em sacos de polietileno escuros, de dimensões 14 x 22 cm, com furos na base para permitir o escoamento do excesso de água, organizados em canteiros de 1,0 m de largura por 10 m de comprimento; o substrato utilizado foi de solo proveniente da própria fazenda retirado de camadas superficiais de áreas específicas sem contaminação com fertilizantes ou de outros produtos químicos.

¹ O PIF (produção integrada de frutas) permite o controle da área através de uma vistoria semanal, por técnico habilitado, constatando os níveis de infestação ou contaminação de pragas e doenças, indicando o agroquímico específico para aquela situação.

² Empresa de Exportação de Frutas do Vale do São Francisco.

³ IAC 313 ou Tropical, é resultante do cruzamento entre Golia (*Vitis riparia*-Carigane x *Rupestri* du Loti) e *Vitis cinérea*; apresenta crescimento vigoroso e boa adaptação aos solos arenosos e argilosos (Souza Leão et al., 2004).

Por ocasião do plantio, prepararam-se um total de 1800 mudas, adquiridas de plantas matrizes, selecionadas através do método de enxertia por garfagem, cobertos por fita plástica, a fim de se obter um material homogêneo; e após 60 dias com altura entre 20 e 30 cm ou com brotação de 6 a 8 folhas, realizou-se o transporte para o local definitivo.

3.2 Instalação e condução do plantio

O experimento foi instalado no sistema de condução, conhecido por latada¹, com aramado (postes internos e externos), onde as fileiras foram direcionadas no sentido dos ventos dominantes; as plantas foram estabelecidas no espaçamento 3,5 x 2,5 m, distribuídas em 1,228 hec, totalizando 1404 plantas; realizando-se podas mistas com varas longas, onde as gemas foram pulverizadas com cianamida hidrogenada (2,0 %), para a quebra de dormência e uniformização da brotação.

Os tratos culturais para a instalação do parreiral foram os seguintes: destoca, capina manual e química entre as plantas e os rebentos laterais; como também, roçagem (manual e mecânica), gradagem e aragem mecânica entre as linhas. Abertas as plantas, realizou-se o plantio das mudas², que ocorreu no mês de dezembro de 2004 (17/12/2004), ou seja, no início do período chuvoso, as covas foram preparadas 30 dias anteriormente ao plantio, após a adubação de fundação, onde foram demarcadas com uma estaca indicando o local onde a muda deveria ser adicionada.

Após o plantio, as mudas foram acompanhadas semanalmente até atingir altura suficiente para iniciar o amarrão, aonde se conduziu cada muda por uma única haste, uma vez que a mesma apresenta hábito rasteiro, mantendo-se o tronco ereto, amarrado ao tutor³ por barbantes. Foram tomadas precauções em relação ao surgimento de brotações laterais no tronco, que devem ser eliminadas manualmente, sendo realizada uma vez por semana, fase essencial de crescimento, onde as plantas se desenvolvem rapidamente e podem comprometer o desenvolvimento do ramo principal.

¹ Latada é um sistema constituído por rebentos (lateral de fixação dos mourões), postes (mourões e estacas) e arames.

² Plantio realizado com altura suficiente para acomodar as raízes da planta sem franquiar, ou seja, sem cobrir o caule da planta, sem amontoar.

³ Tutor: suporte de sustentação da videira até atingir a latada, pode ser de madeira de bambu ou de outro material disponível em quantidade suficiente, onde seja distribuído um para cada planta.

Na fase de crescimento vegetativo da videira até a poda de formação, que pode ocorrer entre 9 e 12 meses após o plantio, inicia-se a fase de frutificação, o primeiro ciclo, onde os frutos apresentam-se com desenvolvimento reduzido, e ocorre entre 14 e 20 meses após o plantio, nas variedades da uva Itália.

A frutificação com frutos bem desenvolvidos ocorre a partir dos 24 meses; e a avaliação em questão trata-se do segundo ciclo da cultura que se iniciou em 15 de outubro de 2006, e encerrou em 16 de fevereiro de 2007, ou seja, aos 26 meses no final do verão, e início do inverno da região; para a obtenção deste ciclo, foram realizadas todas as práticas culturais necessárias, durante as fases fonológicas¹, tais como: roçagem, capinas, desbrotas, adubações de cobertura, controle de formigas, tratamentos fitossanitários e manejo da irrigação.

O ciclo fenológico da variedade Itália, foi caracterizado por meio de avaliações semanais de acordo com o PIF, registrando-se a data das fases fenológicas: (1) Gemas dormentes; (2) Gemas inchadas; (3) Início de brotação; (4) Cinco ou seis folhas separadas; (5) Início da floração; (6) Plena floração; (7) Início da frutificação; (8) Grãos do tamanho chumbinho; (9) Grãos do tamanho ervilha; (10) Início de compactação do cacho ou meia baga; (11) Início da maturação; (12) Plena maturação.

3.3 Caracterização química e física do solo

De acordo com a Embrapa (2001), o solo da área experimental está classificado como Planossolo hidromórfico distrófico², constando na tabela 1, a caracterização química e física do solo. Um aspecto interessante que deve ser destacado sobre os dados da tabela 1, é sobre a saturação por bases (V %), que apresenta valores inferiores a 50%, sendo caracterizado, portanto, como um solo distrófico (Oliveira et al., 1992).

E também em relação aos baixos teores de P e K, demonstrando ser um indicativo para a reposição de fertilizantes, no suprimento mineral as culturas. Os níveis de Fe e Mn a partir da profundidade de 20 a 40 cm, indicando influência deste elementos em condições de umedecimento. Em relação à composição granulométrica (tabela 1), percebe-se que o horizonte E (20 - 40 cm), demonstra o

¹ Poda, Brotação, Floração, Chumbinho, Raleio, Repasse, Colheita e Repouso

² Solo com elevados teores Fe, apresentando movimentação do lençol freático principalmente na época do verão.

início da mudança textural, que apresenta-se elevada no horizonte Btg (40 – 60 cm) e segue até o horizonte C (60 – 80 cm). Um outro aspecto, esta relacionado com a densidade do solo, ou densidade aparente que varia entre 1,73 a 1,75 g cm⁻³, sendo forte característica de horizonte denso, extremamente duro e firme (Oliveira et al., 1992).

Tabela 1 . Caracterização química e física do Planossolo hidromórfico distrófico⁽¹⁾.

Atributos	pH		Complexo sortivo								
	Horizonte ⁽²⁾	água	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	S ⁽³⁾	H+Al	CTC ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	
		(1:2,5)	----- (cmol _c dm ⁻³) -----								
A ₍₀₋₂₀₎		5,8	0,88	0,37	0,18	0,08	1,51	1,90	3,41	44,28	
E ₍₂₀₋₄₀₎		5,6	0,86	0,35	0,15	0,09	1,45	1,93	3,38	42,89	
Btg ₍₄₀₋₆₀₎		5,1	0,74	0,33	0,12	0,08	1,27	1,85	3,12	40,70	
C ₍₆₀₋₈₀₎		5,0	0,66	0,29	0,11	0,07	1,13	1,72	2,85	39,64	
		P	S-SO₄⁻²	B⁽⁶⁾	Zn	Cu	Fe	Mn	C	M.O	
		----- (mg dm ⁻³) -----							----- (g kg ⁻¹) -----		
A ₍₀₋₂₀₎		21	26	10,8	4,8	6,6	98	52	11,3	19,48	
E ₍₂₀₋₄₀₎		15	32	9,7	3,2	5,7	115	50	9,2	15,86	
Btg ₍₄₀₋₆₀₎		11	29	8,6	2,8	5,2	127	46	8,1	13,96	
C ₍₆₀₋₈₀₎		9	30	7,1	2,6	4,8	136	45	7,3	12,58	
		C.G.⁽⁷⁾			ADA⁽⁸⁾	GF⁽⁹⁾	Silte + Argila	Ds⁽¹⁰⁾	Dp⁽¹¹⁾		
		Areia	Silte	Argila	----- (%) -----			----- (g cm ⁻³) -----			
A ₍₀₋₂₀₎		65,00	16,90	18,10	17,60	23,20	35,00	1,67	2,63		
E ₍₂₀₋₄₀₎		58,20	20,80	21,00	22,30	34,80	41,80	1,68	2,65		
Btg ₍₄₀₋₆₀₎		50,70	22,80	26,50	45,20	56,60	49,30	1,73	2,60		
C ₍₆₀₋₈₀₎		49,80	22,72	27,48	46,80	58,90	50,20	1,75	2,61		

(1) Teores médios de cinco amostras compostas, cujas determinações foram realizadas conforme a Embrapa (1997, 1999); (2) Planossolo com seqüência de horizonte: A-incorporação de matéria orgânica, apresentando-se com caráter moderado de cor escura; E-resultante de perda de minerais de argila, composto de ferro diferenciado pela cor mais clara; Btg-mudança, textural abrupta (t), de caráter denso extremamente duro, constituindo um horizonte pão, de baixa porosidade, podendo apresentar gleização intensa (g), ou seja, longo período de encharcamento; C-camada mineral de material inconsolidado. (3) Soma de bases; (4) Capacidade de troca de cátions; (5) Saturação por bases; (6) Boro, determinado pelo método da curcumina (Tedesco et al., 1995); (7) Composição granulométrica; (8) Argila dispersa em água; (9) Grau de flocculação; (10) Densidade do solo; (11) Densidade do torrão.

Segundo Souza Leão et al. (2004), as plantações de videiras devem ser estabelecidas em solos com profundidade além de 1,0 m, e apresentem boa drenagem; mas, o solo em questão encontra-se com profundidade agricultável

variando de 0,6 a 1,0 m e drenagem insuficiente, apresentando um fragipã¹. Portanto, diante destas considerações, tornou-se necessário adicionar 20 cm de seixo rolado da própria região em cada cova, com a finalidade de auxiliar a drenagem, na área; uma vez que a mesma já apresentava drenagem subterrânea variando de 1,30 a 1,50 m de profundidade, no entanto insuficiente para atender as condições do solo.

3.4 Caracterização química dos biofertilizantes e dos pós-de-rochas

A tabela 2 apresenta a caracterização química dos elementos minerais contidos nos biofertilizantes fosfatado e potássico; e nos pós-de-rochas, apatita e biotita xisto utilizados no experimento.

Tabela 2. Caracterização química dos biofertilizantes e dos pós-de-rochas⁽¹⁾.

Elementos químicos	Biofertilizante Fosfatado	Fosfato Natural de Gafsa	Biofertilizante Potássico	Biotita xisto
	------(%)-----			
N	1,51	ND	1,20	ND
P ₂ O ₅	32,48	29,98	ND	ND
P	11,00	6,00	ND	ND
K ₂ O	ND	ND	9,81	8,06
K	ND	ND	1,99	1,08
S	8,0	1,5	9,0	2,3
Cão	51,76	43,89	ND	ND
MgO	0,40	0,32	10,33	8,58
Fe ₂ O ₃	0,23	0,18	15,48	16,29
MnO	ND	ND	1,50	0,94
Al ₂ O ₃	0,55	0,43	10,48	9,89
CO ₂	5,10	3,80	ND	ND
F	1,37	1,23	0,43	0,31
pH em água	5,3	6,4	5,0	6,1

(1:2,5)

⁽¹⁾ Determinações realizadas de acordo com a metodologia da Embrapa (1997, 1999).

3.5 Descrição das análises

Os atributos químicos determinados no solo foram analisados de acordo com os métodos de análise da Embrapa (1997 e 1999), onde os solos foram secos ao ar, destorroados e peneirados em malhas de 2,0 mm; posteriormente, foram extraídos², quantificados¹ e determinados pelos seguintes métodos:

¹ Fragipã, cimentação reversível, indica presença de seção subsuperficial relativamente compacta, adensada e dura, quando seca, mas, se abranda com umedecimento (Oliveira et al, 1992).

² Mellich-1 (P, K e Fe), KCl (Ca e Mg), ácido acético (S-SO₄⁻²) e dicromato de potássio (C);

colorimétrico (P e S-SO₄⁻²), fotometria de chama (K), espectrofotometria de absorção atômica (Ca, Mg e Fe) e turbidimetria (C).

As determinações da parte área, foram analisadas de acordo com as recomendações da Embrapa (1999), sendo as folhas secas em estufa com circulação forçada de ar a 65^o C, até atingirem peso constante, posteriormente pesadas, moídas e submetidas à digestão nitro-perclórica. Nos extratos determinou-se P (molibdato de amônio e ácido ascórbico) e S-SO₄⁻² (cloreto de bário), pelo método colorimétrico; K por fotometria de chama; Ca, Mg e Fe por espectrofotometria de absorção atômica. Estas análises foram determinadas nos laboratórios de microbiologia e química do solo da UFRPE.

Com relação às análises do mosto, utilizou-se a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), as uvas foram maceradas e filtradas; posteriormente analisou-se P e S-SO₄⁻² pelo método colorimétrico, K por fotometria de chama, Ca, Mg e Fe por espectrofotometria de absorção atômica; e o pH, pelo peagmetro direto na solução. As análises foram realizadas no laboratório de química experimental da UFPE.

3.6 Adubação da videira irrigada para o Estado de Pernambuco

Na adubação de plantio, os fertilizantes minerais e orgânicos foram colocados na cova e misturados, antes do transplante das mudas, de acordo com a recomendação de adubação da videira irrigada para o Estado de Pernambuco (tabela 3), que indica as quantidades necessárias de nitrogênio, fósforo e potássio de acordo com a análise química do solo; utilizou-se também, 20 L planta⁻¹ de esterco curtido, 3,0 g planta⁻¹ de zinco e 1,0 g planta⁻¹ de boro (IPA, 1998).

Tabela 3. Recomendação da adubação da videira irrigada para o Estado de Pernambuco⁽¹⁾.

Teor no solo	Implantação		Ciclo de produção				
	Plantio	Crescimento	1°	2°	3°	4°	5°
	------(g planta ⁻¹)-----						
	-						
Nitrogênio ND ⁽²⁾	-	170	60	(N) 70	80	100	120

¹ Molibdato de amônio e ácido ascórbico (P), cloreto de bário (S) e sulfato ferroso (C);

P ⁽³⁾ (mg dm ⁻³)	P ₂ O ₅						
	< 11	160	100	80	80	80	100
11 a 20	120	75	60	60	60	75	100
21 a 40	80	50	40	40	40	50	100
> 41	40	25	20	20	20	25	100
K ⁽³⁾ (cmol _c dm ⁻³)	K ₂ O						
	< 0,16	80	80	80	100	120	160
0,16 a 0,30	60	60	60	75	90	120	160
0,31 a 0,45	40	40	40	50	60	80	160
> 0,45	20	20	20	25	30	40	160

⁽¹⁾ Fonte: adaptado do IPA (1998); ⁽²⁾ Não determinado; ⁽³⁾ Método da Embrapa(1997).

Já a adubação de crescimento, as adubações nitrogenadas e potássicas aplicados por planta foram parceladas em aplicações quinzenais; a adubação fosfatada juntamente com 20 L planta⁻¹ de esterco foi aplicado, na adubação de plantio e também seis meses após o transplante das mudas (Souza Leão et al., 2000).

No entanto a adubação de produção foi parcelada, aplicando-se 50 % na poda e 50 % na fase de chumbinho aos 45 dias antes da colheita (IPA, 1998). A tabela 4 contempla os dados da análise química do solo de P e K, utilizados durante as quatro adubações realizadas no experimento, destacando a fase da cultura, o teor no solo e a recomendação de adubação.

Tabela 4. Teores de P e K determinados no solo nas fases da videira durante o experimento.

Recomendação de P e K para videira de acordo com a fase da cultura e a análise química do Solo do Experimento ⁽¹⁾

Elemento	P		K		
	Fase	Teor no solo ⁽²⁾ (mg dm ⁻³)	P ₂ O ₅ ⁽³⁾ (g planta ⁻¹)	Teor no solo ⁽²⁾ (cmol _c dm ⁻³)	K ₂ O ⁽⁴⁾ (g planta ⁻¹)
Plantio		21	80	0,18	60
Crescimento		23	50	0,21	60
1 ^o ciclo		26	40	0,25	60
2 ^o ciclo		30	40	0,28	75

⁽¹⁾ Adaptado do IPA (1998); ⁽²⁾ Analisado de acordo com a metodologia da Embrapa (1999); ⁽³⁾ Recomendação de fósforo; ⁽⁴⁾ Recomendação de potássio.

3.7 Critérios de avaliação para uva de mesa visando o mercado internacional

A avaliação do teor de sólido solúveis totais (SST) foi determinada através de um refratômetro de campo, que permite identificar o ponto de maturação de maneira rápida e precisa; no entanto, deve também ser levado em consideração os teores da acidez total titulável (ATT), em laboratório, determinado com

hidróxido de sódio; para se obter a relação SST/ATT, que determina o sabor da uva (Mira et al., 2004b).

Em videiras produtivas no Vale do São Francisco, destinadas ao consumo 'in natura', são adotados os seguintes critérios, visando o mercado internacional para uva Itália: teores de sólidos solúveis totais (SST), iguais ou superiores a 15⁰ Brix, acidez total titulável (ATT) inferior a 1,5 g de ácido tartárico e relação SST/ATT, igual ou maior que 20 (Choudhury, 2000).

Com relação aos parâmetros físicos, que podem interferir na qualidade mercadológica da uva para o mercado internacional, são peso de bagas, peso de cachos e comprimento de cachos; onde os valores devem situar-se entre 8 a 20 g baga⁻¹, 300 a 800 g cacho⁻¹; e acima de 20 cm por comprimento dos cachos (Souza Leão et al, 2004).

Para a caracterização da uva, quanto aos parâmetros físicos e químicos utilizados na exportação (Souza Leão et al., 2000), foram utilizadas oito plantas de cada tratamento para a avaliação da produção; entre as oito plantas foram selecionadas cinco marcadas com etiqueta e consideradas como amostra para a avaliação dos cachos, bagas e composição química dos frutos; onde foram retiradas dez bagas de cinco cachos por planta, sendo avaliados peso da baga, peso e tamanho de cachos.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) ou Brix⁰ foi determinado pela leitura em refratômetro de campo (realizado no momento da colheita no campo), enquanto que a acidez total titulável (ATT), foi determinada pela titulação de uma alíquota de 5,0 ml de suco de uva pelo método do hidróxido de sódio (Tedesco et al., 1995), realizado no laboratório da Vitivinícola do Vale do São Francisco; e com os resultados de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (ATT), determinou-se a relação SST/ATT.

3.8 Tratamentos de fertilização utilizados

A tabela 5 apresenta os tratamentos utilizados como fertilização fosfatada e potássica (fertilizantes químicos, biofertilizantes e pós-de-rocha), nos seus respectivos níveis, com adição do tratamento sem P e K (P₀K₀).

Tabela 5. Fertilização dos tratamentos, utilizando fertilizantes químicos, biofertilizantes e rochas moídas, na fase de plantio.

Fertilização fosfatada utilizada na fase de plantio						
Fertilizantes	Níveis de P ₂ O ₅	Recomendação de P ₂ O ₅ ⁽¹⁾	Recomendação utilizada	P ₂ O ₅ (usado)	Quant./hect.	Quant./planta
	(%)	(g planta ⁻¹)	(g planta ⁻¹)	(%)	(kg ha ⁻¹)	(g planta ⁻¹)
Químico ⁽²⁾ (SS)	50	80	40	20,0	228,60	200,00
	100	80	80	20,0	457,20	400,00
	150	80	120	20,0	685,80	600,00
Biofertilizante ⁽³⁾ (P)	50	80	40	11,0	415,63	363,63
	100	80	80	11,0	831,27	727,00
	150	80	120	11,0	1246,90	1090,00
Pó-de-Rocha ⁽⁴⁾ (P)	50	80	40	6,0	760,09	666,66
	100	80	80	6,0	1524,00	1333,33
	150	80	120	6,0	2286,00	2000,0
Fertilização potássica utilizada na fase de plantio						
Fertilizantes	Níveis de K ₂ O	Recomendação de K ₂ O ⁽¹⁾	Recomendação utilizada	K ₂ O(usado)	Quant./hect.	Quant./planta
	(%)	(g planta ⁻¹)		(%)	(kg ha ⁻¹)	(g planta ⁻¹)
Químico ⁽⁵⁾ (K ₂ SO ₄)	50	60	30	48,0	71,43	62,50
	100	60	60	48,0	142,87	125,00
	150	60	90	48,0	214,31	187,50
Biofertilizante ⁽⁶⁾ (K)	50	60	30	2,0	1714,50	1.500,00
	100	60	60	2,0	3429,00	3.000,00
	150	60	90	2,0	5143,50	4.500,00
Pó-de-Rocha ⁽⁷⁾ (K)	50	60	30	1,0	3429,00	3.000,00
	100	60	60	1,0	6858,00	6.000,00
	150	60	90	1,0	10287,00	9.000,00

⁽¹⁾Recomendação citada por IPA (1998) para videira irrigada no Estado de Pernambuco; ⁽²⁾Superfosfato simples (pH 5,6 e 12% de S); ⁽³⁾Biofertilizante fosfatado de Gafsa-FG, com 10 % de enxofre, inoculado com *Acidithiobacillus*, acrescido de húmus de minhoca (1,5 g kg⁻¹ de N, 2,0 mg kg⁻¹ de P, 5,0 mg kg⁻¹ de K e pH 7,9), na proporção de 1:1; ⁽⁴⁾Fosfato natural de Gafsa com 10 % de enxofre; ⁽⁵⁾Sulfato de potássio (pH 5,1 e 17% de S); ⁽⁶⁾Biofertilizante potássico de Biotita Xisto (Santa Luzia-PB), com 10 % de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, acrescido de húmus de minhoca, na proporção 1;1; ⁽⁷⁾Biotita Xisto. * Todos os tratamentos receberam 20 L planta⁻¹ de esterco (2,4 g kg⁻¹ de N e 5,8 g kg⁻¹ de C), 3,0 g planta⁻¹ de Zn e 1,0 g planta⁻¹ de Boro.

3.9 Delineamento e análise estatística

O experimento foi conduzido pelo delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, onde cada bloco foi composto por 351 plantas, totalizando 1404 plantas; compondo um fatorial 3 x 3 x 3 + 1 (3 fontes de fertilizantes x 3 níveis x 3 locais de aplicação do fertilizante, acrescido o tratamento controle). As três fontes foram as seguintes misturas: 1. Fertilizantes químicos (Superfosfato

simples e Sulfato de potássio); 2. Biofertilizante PK (fosfatado e potássico) e 3. Pó-de-rocha PK (Fosfato Natural de Gafsa e Biotita Xisto). E o tratamento controle sem fósforo e sem potássio (P_0K_0).

Os níveis utilizados correspondem a 50, 100 e 150 % da recomendação, para a videira irrigada no Estado de Pernambuco (IPA, 1998), contemplados nas tabelas 3, 4 e 5, em relação aos valores de P_2O_5 e K_2O recomendados de acordo com a fase da videira. E quanto ao local de aplicação dos fertilizantes, que tomou como base a planta, no sentido horizontal, com aplicação dos fertilizantes na posição da irrigação por gotejamento¹. Sendo aplicados da seguinte maneira, perto (15 a 30 cm), médio (45 a 60 cm) e longe (75 a 90 cm).

Aos 26 meses após a implantação das mudas da variedade Itália no campo, no dia 16/02/2007, no final do experimento, foram determinados no solo: o pH e os teores de P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg, Fe e C. Na parte aérea da planta foram determinados os seguintes minerais: P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg e Fe. Na análise do mosto, o pH, P, $S-SO_4^{-2}$, K, Ca, Mg e Fe. Nas uvas realizou-se a caracterização química, onde se determinou o teor de sólidos solúveis totais - SST ($Brix^0$), acidez total titulável – ATT e a relação entre SST/ATT; e à caracterização dos parâmetros físicos: peso de bagas, peso de cachos, comprimento de cachos e rendimento dos frutos.

Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SAS (Sistema de Análise Estatística) (2003); e as equações de regressão foram ajustadas pelo mesmo programa, o qual foram aplicados apenas para as avaliações dos teores determinados no solo e na planta, uma vez que na avaliação do mosto e da uva, a testemunha não produziu frutos, sendo utilizado na avaliação destes o teste comparativo de médias que tomou como base Tukey-Kramer a 5%.

¹Esta irrigação por gotejo, apresentou a distância de 1,0 x 1,0 m entre os bicos gotejadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados no solo

A figura 1 apresenta o valor de pH e dos atributos químicos (P, S-SO₄⁻² e K), determinados no solo, aos 26 meses após a implantação das mudas de videira da cv. Itália no campo, que sofreram efeito das fontes e dos níveis aplicados. Já as equações de regressão são contempladas na tabela 6. No entanto para o pH os valores foram maiores nos tratamentos em que foi aplicado o fertilizante químico e o pó-de-rocha em todos os níveis. Já os teores de P e K, foram maiores nos fertilizantes químicos em todos os níveis; e os teores de S-SO₄⁻² no biofertilizante em todos os níveis.

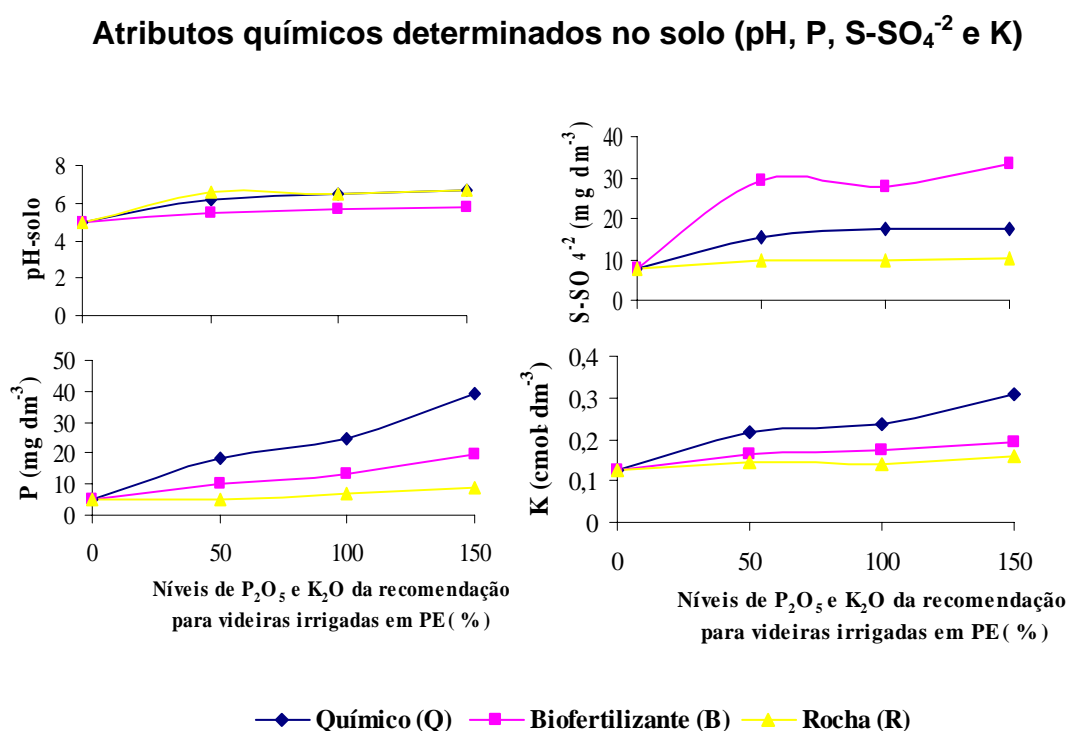


Figura 1 . Atributos químicos (pH, P, S-SO₄⁻² e K) determinados no solo, em função da aplicação de fontes e níveis de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.

Tabela 6. Equações de regressão para os atributos químicos (pH, P, S-SO₄⁻² e K) determinados no solo, em função da aplicação de fontes e níveis de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.

Variável	Fertilizante	Equação de Regressão	R ²
pH	Químico	Y= 5,01058 + 0,0244747x - 0,000089456x ²	0,93**
	Biofertilizante	Y= 4,99086 + 0,0114692x - 0,00004334x ²	0,75**

	Pó-de-Rocha	$Y = 5,07197 + 0,0320358x - 0,000144456x^2$	0,84**
Teor de P	Químico	$Y = 10,18541 + 0,2196451x - 0,000010522x^2$	0,94**
	Biofertilizante	$Y = 6,29998 + 0,095288x - 0,000003049x^2$	0,95**
	Pó-de-Rocha	$Y = 5,35966 - 0,0001317x + 0,000197159x^2$	0,79**
Teor de S- SO ₄ ⁻²	Químico	$Y = 7,965994 + 0,179062x - 0,000788614x^2$	0,79**
	Biofertilizante	$Y = 9,937896 + 0,239991x - 0,0001587x^2$	0,78**
	Pó-de-Rocha	Y= NS	
Teor de K	Químico	$Y = 0,13545 + 0,0011433x$	0,81**
	Biofertilizante	$Y = 0,12594 + 0,0007759x - 0,000002386x^2$	0,60**
	Pó-de-Rocha	$Y = 0,10644 + 0,0002085x$	0,45**

(1) Na equação, 'x' corresponde ao nível de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videira irrigada em PE, e 'Y' à variável analisada.

O valor de pH determinado no solo, aumentou com a aplicação dos tratamentos com o fertilizante químico e o pó-de-rocha, em todos os níveis (figura 1), e a equação de regressão apresentou resposta do tipo quadrática (tabela 6) para ambos; com exceção do tratamento com o biofertilizante que apresentou redução no valor do pH, em todos os níveis (figura 1), mas, a resposta observada também ocorreu do tipo quadrática.

O efeito positivo e significativo dos diferentes valores de pH no solo foi mais pronunciado nos tratamentos com o fertilizante químico e com o pó-de-rocha (figura 1), onde se observou um valor maior no nível mais elevado apresentando 6,70 e 6,72 respectivamente, no maior nível. E o menor valor de pH, foi observado no tratamento com o biofertilizante, apresentando 5,51 no menor nível.

Este incremento do pH nos tratamentos com fertilizante químico e pó-de-rocha, é explicado por Oba (2004), Castro & Melgar (2005) e Lapidou-Loureiro (2005b), onde afirmam que a caracterização química dos fertilizantes influencia os teores dos elementos contidos no mesmo quando aplicados diretamente no solo; fato que pode ser comprovado na tabela 2 em função da caracterização química do biofertilizante, e na tabela 5, em função dos valores de pH determinados no solo quando aplicado este tratamento, em todos os níveis.

Apesar dos biofertilizantes de rochas com fósforo e potássio acrescidos de enxofre inoculados com *Acidithiobacillus*, e corrigidos a sua acidez através da adição de húmus de minhoca, na proporção 1:1, apresentarem redução no pH do solo, não implica a utilização dos mesmos, segundo Stamford. et al. (2006 e 2007); uma vez que estes supriram as necessidades das plantas como pode ser observado na figura 4, em relação aos teores analisados nas folhas.

Um outro aspecto em relação à resposta dos tratamentos com o biofertilizante no pH do solo, relacionado à acidificação, é sobre a dissolução do fosfato natural, que pode ser suprida biologicamente por microrganismos (Germida & Janzen, 1993; He et al., 1996; Stamford et al., 2002 e 2003). De fato, a dissolução de fosfatos naturais à base de apatita segundo Horowitz et al. (2003), reflete a quantidade de P na presença de íons de H^+ na solução, favorecendo uma maior liberação de P, quanto maior for a concentração de H^+ (Horowitz et al., 2005; Prochnow et al., 2006).

Desse modo, a redução do pH favorece o aparecimento de prótons (Horowitz et al., 2003), que auxiliam na dissolução da estrutura da apatita e, por consequência, promove maior liberação de P ao solo; e com o aumento do pH e consequente restrição de íons de H^+ , os teores de P são reduzidos da solução do solo (Biasioli, 2003). He et al. (1996) também considera que a concentração de H^+ é o principal fator que influencia a liberação de fósforo.

Já com relação aos teores de fósforo determinados no solo (figura 1), observou-se que estes aumentaram com a aplicação de fertilizantes químicos, apresentando equações de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 6); com exceção dos tratamentos com o biofertilizante e do pó-de-rocha que apresentaram redução no teor de P, apesar de também apresentarem resposta do tipo quadrática.

O efeito positivo e significativo da aplicação dos diferentes níveis no solo foi mais pronunciado no fertilizante químico (figura 1), onde se observou um maior incremento nos teores de fósforo 39,41 e 24,81 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente nos níveis 150 % e 100 % da recomendação; e o menor incremento observado ocorreu no nível 50 % no tratamento com pó-de-rocha (4,86 $mg\ dm^{-3}$). Por outro lado, verifica-se que o biofertilizante mostrou-se eficiente na solubilização de

fósforo, na maior níveis, onde o P disponível apresentou $19,69 \text{ mg dm}^{-3}$, uma vez que supriu a necessidade da cultura, como pode ser observado na figura 1. Fato que também é afirmado por Stamford et al. (2006 e 2007), em pesquisas realizadas com melão e alface.

No entanto nos teores de fósforo obtidos no solo, quando aplicado o tratamento com o fertilizante químico na maior níveis (figura 1), observou-se um acréscimo em torno de 100 % em relação ao biofertilizante e de 340 % com relação ao pó-de-rocha. Este fato está relacionado com a solubilidade do fertilizante químico, em condições normais de pressão e temperatura, como é explicado por Oba (2003); Chaves & Oba (2004) e Lapidou-Loureiro et al. (2005).

Igualmente, sabe-se que a utilização do pó-de-rocha acidulado, apresentou menor solubilidade, como comprovado na figura 1, verificando-se os valores de pH e P (tabela 6). Contrariamente a estes resultados Oba (2004), Horowitz et al. (2005) e Prochnow et al. (2006), afirmam que fosfatos naturais, de alta e média reatividade, acidulados, apresentam efeitos semelhantes aos fertilizantes fosfatados solúveis, uma vez que a dissolução está relacionada com a sua solubilidade. De fato, certifica-se que o pó-de-rocha, trata-se de um composto de difícil solubilização (Fernandes et al., 2004; Zapata & Roy, 2004); limitando os teores de fósforo na solução do solo (Van Straaten, 2002; Nascimento, 2003; Nascimento & Lapidou-Loureiro, 2004; Lapidou-Loureiro, 2005b).

Nestas circunstâncias, assegura-se que à acidez, segundo Prochnow (2001), Raij (2003) e Prochnow et al., (2006), desempenha papel crítico na disponibilidade de fósforo no solo, de modo que, os teores deste elemento na solução do solo são determinados pela solubilidade dos compostos de alumínio, de ferro e de cálcio.

Já os teores de sulfato (S-SO_4^{-2}) determinados no solo (figura 1), aumentaram com a aplicação de biofertilizante e do fertilizante químico, ambos apresentaram equações de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 6). E a avaliação dos teores de sulfato no pó-de-rocha, não foi significativa. Os teores máximos de sulfato verificados no solo foram de 33,10, 27,32 e 29,49 mg dm^{-3} , respectivamente, que ocorreram no biofertilizante nos níveis 150 %, 100 % e 50 %. E nos tratamentos com o fertilizante químico os teores apresentaram

valores medianos variando entre 17,61 e 17,20 respectivamente nos níveis 100 % e 50 %.

Este incremento nos valores do sulfato, no biofertilizante (figura 1), estão relacionados com a produção de H_2SO_4 por *Acidithiobacillus* adicionado juntamente com o enxofre na produção do biofertilizante de rochas fosfatada e potássica (Stamford et al., 2002 e 2003). Na tabela 6, verifica-se que as maiores variações ocorreram quando se adicionou a bactéria, ou seja, no tratamento com o biofertilizante, demonstrando a atuação da mesma (Stamford et al., 2006 e 2007).

E com relação ao tratamento com o tratamento com o fertilizante químico (figura 1), acredita-se que estes teores de sulfato encontrados na profundidade de 0 a 20 cm, sofreram lixiviação para os outros horizontes, uma vez que os mesmos apresentam teor elevado de enxofre na sua composição. Resultados semelhantes ocorreram em pesquisas realizadas por Faria et al. (2004a) e Andriessse & Mensvoort (2007) avaliando sulfato em diferentes profundidades em solos cultivados com videiras, no qual afirma que as maiores concentrações de sulfato encontram-se a partir dos 30 cm de profundidade.

Fato notável que também é explicado por Vidal (2007) ao afirmar que os primeiros 30 cm da camada agricultável do solo, quando avaliado em videiras de mesa, sofrem deficiência de enxofre, pela perda deste elemento através da lixiviação; necessitando de reposição complementar na adubação.

Com relação aos teores de potássio determinados no solo (figura 1), percebe-se que estes aumentaram com a aplicação de fertilizantes químicos, em todos os níveis, apresentando equação de regressão com resposta do tipo linear (tabela 6); com exceção do biofertilizante que apresentou um valor constante, praticamente não alterado, com resposta do tipo quadrática; e do pó-de-rocha com redução do teor, com resposta do tipo linear.

Os teores máximos de potássio verificados no solo foram de 0,30 e 0,20 $cmol_c dm^{-3}$ respectivamente, no fertilizante químico e no biofertilizante no nível a 150 %. E o menor teor de potássio observado no solo ocorreu no pó-de-rocha (0,13 $cmol_c dm^{-3}$) no nível de 50 % da recomendação para videira.

Um outro aspecto que é observado, na tabela 6, com relação aos teores de potássio no solo, no tratamento com biofertilizante no nível 150 % do recomendado para videiras irrigadas, é que este promoveu efeito semelhante aos fertilizantes químicos no menor nível; fato notável nos trabalhos conduzidos com cana-de-açúcar (Stamford et al., 2007), melão (Moura, 2006), e alface (Lima, 2006), em condições de campo, diferindo dos tratamentos com o pó-de-rocha.

Este incremento de potássio no solo é explicado por Malavolta (2004) e Brunetto et al. (2007), onde afirmam que as formas de potássio no solo, apresentam um equilíbrio, onde as plantas absorvem K da solução, tamponado pelas formas trocáveis, que são fontes imediatas para as plantas, supridas pelas formas de K-não trocáveis, consideradas reservas utilizadas em longo prazo para as plantas; embora sendo lentamente liberado para o solo, poderá ser absorvido pelas plantas (Melgar & Castro, 2005).

Portanto, acredita-se que ocorreu uma situação semelhante nos solos quando aplicados os tratamentos com o biofertilizante (figura 1), uma vez que os valores apresentaram-se adequados aos patamares normalmente encontrados em videiras produtivas no Vale do São Francisco (Faria et al., 2004b). Desta maneira, concluímos que o K não-trocável pode ser uma fonte disponível às culturas que a utilizam em longo prazo (Peroni, 2003); dependendo da cinética de liberação desta forma de K para a solução do solo (Schulze, 2000; Castilhos & Meurer, 2001; Curi, 2004).

No entanto, a preservação do K não-trocável pode ser comprometida, provocando alterações nas fases minerais do solo, que contêm K (Oliveira et al., 2002); tendo em vista que plantas com grande capacidade de absorver K, como as videiras, podem influir na relação entre as reservas de K do solo e a sua disponibilidade, com alterações da fase mineral do solo (Meurer, 2000; Lapido-Loureiro & Nascimento, 2003).

Por outro lado, investiga-se com freqüência, a quantidade de K extraído pelas plantas, por esta ser superior às formas trocáveis (Curi, 2004); e as formas não trocáveis que contribuem significativamente para o total do K absorvido pelas plantas (Brunetto et al., 2007). Entretanto, a contribuição de formas não trocáveis,

no suprimento às plantas, está relacionada com a presença de minerais primários e secundários como fonte de potássio no solo (Malavolta, 2004).

Nesse sentido, em solos agrícolas, a alteração dos minerais potássicos pode ser minimizada, através da adição de fertilizantes potássicos (Lapido-Loureiro & Nascimento, 2003) e o uso de certas espécies de plantas que sejam capazes de reciclar esse elemento (Campóra, 2003).

Em referência a outras determinações realizadas no solo, destacaremos a seguir na figura 2, a avaliação dos teores médios de Ca, Mg, Fe e C, determinados aos 26 meses após a implantação das mudas de videira da cv. Itália no campo, que sofreram efeito das fontes e dos níveis aplicados. Já as equações de regressão são contempladas na tabela 7. Os maiores teores de Ca, Mg, C e Fe foram observados no tratamento com o biofertilizante em todos os níveis; apesar do tratamento com o pó-de-rocha também ter sofrido elevadas flutuações de Fe, no entanto a avaliação do mesmo não foi significativa. E o tratamento com o fertilizante químico apresentou os menores teores, destes elementos, em todos os níveis.

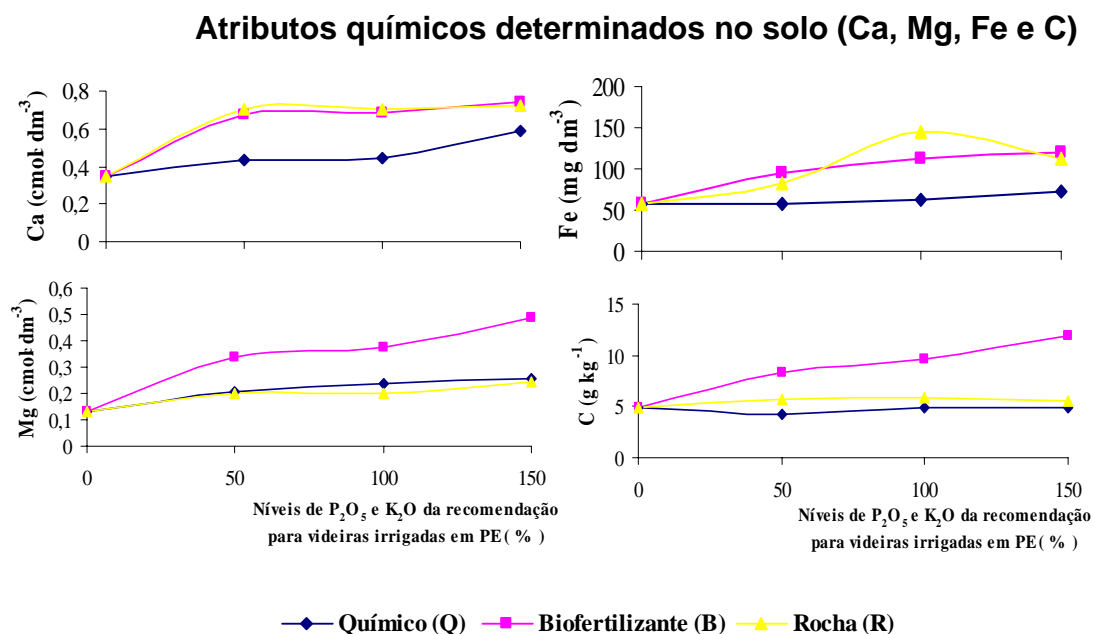


Figura 2. Atributos químicos (Ca, Mg, Fe e C) determinados no solo, em função da aplicação de fontes e níveis de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.

Tabela 7. Equações de regressão para os atributos químicos (Ca, Mg, Fe e C) no solo, em função de fontes e níveis, aos 26 meses após a instalação no campo.

Variável	Fertilizante	Equação de Regressão	R ²
Teor de Ca	Químico	Y= 0,37043 + 0,000944x	0,69**
	Biofertilizante	Y= 0,36522 + 0,0064857x - 0,000027125x ²	0,88**
	Pó-de-Rocha	Y= 0,36668 + 0,0073652x - 0,000034003x ²	0,81**
Teor de Mg	Químico	Y= 0,13197 + 0,0016973x - 0,000005825x ²	0,79**
	Biofertilizante	Y= 0,14206 + 0,0036385x - 0,000009366x ²	0,86**
	Pó-de-Rocha	Y= 0,14310 + 0,0006908x	0,64
Teor de Fe	Químico	Y= 55,9824 + 0,071948x	0,34**
	Biofertilizante	Y= 57,55167 + 0,6826761x - 0,000308901x ²	0,65**
	Pó-de-Rocha	Y= NS	
Teor de C	Químico	Y= NS	
	Biofertilizante	Y= 5,07801 + 0,0612474x - 0,000112621x ²	0,88**
	Pó-de-Rocha	Y= 4,9498 + 0,0187937x - 0,000102007x ²	0,55**

⁽¹⁾ Na equação, 'x' corresponde ao nível da recomendação para a videira irrigada em PE, e 'Y' à variável analisada.

O teor de cálcio determinado no solo (figura 2), aumentou com a aplicação de biofertilizante e do pó-de-rocha, em todos os níveis, ambos apresentando equações de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 7), com exceção do fertilizante químico que apresentou redução no teor (figura 2), com resposta do tipo linear. Os teores máximos de cálcio verificados no solo foram de 0,74 e 0,72 cmol_c dm⁻³, respectivamente no biofertilizante e no pó-de-rocha, ambos no maior nível. E o menor teor de cálcio observado no solo ocorreu no fertilizante químico com 0,43 cmol_c dm⁻³, no menor nível.

Um outro aspecto interessante, que pode ser observado na figura 2, em relação ao teor de cálcio no solo, quando aplicado o biofertilizante, é sobre a atuação da bactéria *Acidithiobacillus* na solubilização de cálcio contido na rocha fosfatada (Apatita de Gafsa), como foi também constatado por Moura (2006) e Stamford et al. (2006 e 2007), usando o mesmo biofertilizante, respectivamente na alface e na cana-de-açúcar.

No caso dos fertilizantes químicos, onde se observou o menor teor de cálcio (figura 2), segundo Razeto (2007), em solos cultivados com videiras produtivas, a redução deste elemento, compromete a absorção de nutrientes via radicular; necessitando, portanto, de uma avaliação química do solo, e posteriormente a reposição deste elemento, se de fato for comprovado teores reduzidos de cálcio.

E segundo Randhawa et al. (2007) a intensidade de fósforo na solução do solo esta relacionada com a quantidade de cálcio na mesma; e afirmam que a aplicação de fosfatos naturais em solos, contendo teores elevados de cálcio, reduz os níveis de fósforo da solução do solo, tornando o fósforo indisponível as culturas. Fato semelhante ao que ocorreu nos resultados da pesquisa (figura 2), nos tratamentos com o pó-de-rocha onde se determinou o cálcio, e este apresentou teor elevado em todos os níveis, contribuindo para a redução do fósforo (figura 1), nestes mesmos tratamentos.

E quanto ao teor de magnésio determinado no solo (figura 2), percebe-se que este atributo químico, aumentou com a aplicação do biofertilizante, em todos os níveis, e apresentou equação de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 7); com exceção do fertilizante químico e do pó-de-rocha que apresentaram redução no teor, em todos os níveis (figura 2), onde o fertilizante químico apresentou resposta do tipo quadrática e o pó-de-rocha resposta do tipo linear. Os teores máximos de magnésio verificados no solo foram de 0,49 e 0,37 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente, que ocorreram no tratamento com o biofertilizante nos níveis 150 % e 100 %. E o menor teor de magnésio observado no solo foi de 0,20 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no fertilizante químico e no pó-de-rocha, ambos no menor nível.

Um outro aspecto que deve ser levado em consideração na figura 2, em relação ao teor de magnésio no solo, nos tratamentos com o biofertilizante, refere-se às quantidades que foram solubilizadas em relação ao tratamento com o pó-de-rocha; permitindo concluir que a atuação da bactéria acidificando o meio, contribuiu na solubilização deste elemento contido na Biotita (Meurer, 2000; Oliveira et al., 2002), servindo no aporte deste nutriente as plantas, como também foi constatado por Moura (2006), Stamford et al. (2006 e 2007), utilizando o mesmo biofertilizante, respectivamente na alface e na cana-de-açúcar.

E com relação aos tratamentos em que se utilizou o fertilizante químico, segundo Razeto (2007), ao afirmar que a redução de magnésio no solo, cultivado com videiras produtivas, compromete a absorção de nutrientes via radicular; necessitando, portanto, de uma avaliação química do solo, e posteriormente a aplicação deste elemento através de uma adubação complementar.

O teor de ferro determinado no solo, aumentou com a aplicação do biofertilizante, em todos os níveis, apresentando equação de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 7), com exceção do fertilizante químico, que apresentou redução no teor (figura 2). E quanto ao tratamento com o pó-de-rocha, a resposta da equação de regressão não foi significativa. Os teores máximos de ferro verificados no solo foram 120,8 e 113,7 mg dm⁻³ no biofertilizante respectivamente nos níveis de 150 % e 100 %. E o menor teor de ferro observado no solo ocorreu no fertilizante químico (56,4 mg dm⁻³) no nível a 50 % da recomendação.

Um outro aspecto que deve ser levado em consideração na figura 2, em relação ao teor de ferro, no biofertilizante, refere-se às quantidades que foram solubilizadas neste tratamento, permitindo concluir que a atuação da bactéria acidificando o meio, contribuiu na solubilização deste elemento contido na Biotita. Fato que é explicado por Melgar & Castro (2005) e Van Straaten (2002) ao afirmarem em suas pesquisas, que a utilização de rochas potássicas na agricultura, contribuem para o aumento do teor de ferro no solo, uma vez que este elemento se faz presente na composição mineralógica das mesmas.

Estes teores de ferro são contemplados na tabela 2, em relação à caracterização dos biofertilizantes P e K, como também dos pós-de-rocha P e K; no entanto, este incremento de ferro no solo não implica a utilização destes fertilizantes (biofertilizante e pó-de-rocha), por se tratar de um micronutriente, que pode auxiliar no aporte nutricional das culturas (Malavolta, 2004).

No entanto, uma grande preocupação dos pesquisadores, é em consideração a fixação de fosfatos (Raij, 2003), em solos ácidos, que diz respeito da precipitação de íons de ferro (Fe⁺² e Fe⁺³); formando compostos complexos, tornando o fosfato indisponível à absorção pelas plantas (Souza et al., 2000). E acredita-se que este teores elevados de ferro (figura 2), corroborou para a

redução de fosfatos (figura 1) nos tratamentos em que se utilizou o pó-de-rocha (Fosfato natural de Gafsa), em todos os níveis e o biofertilizante nos níveis 50 % e 100 % (Biasioli 2003).

E conseqüentemente, estes teores elevados de ferro, contribuíram para a redução na produção da cultura, nestes tratamentos com o pó-de-rocha, em todos os níveis, e o biofertilizante nos níveis 50 % e 100 %, como pode ser comprovado na tabela 12, em função do rendimento por safra; quando comparados com os tratamentos em que se utilizaram os fertilizantes químicos, em todos os níveis e o biofertilizante no maior nível da recomendação. Fato este que é explicado por Santos Quispe (2004), na avaliação de diversos fosfatos naturais em diferentes culturas, ao afirmar que a interferência do ferro na disponibilidade do fósforo no solo (Chojnacka et al., 2005), reduz a produção das culturas.

No entanto se tem conhecimento, de que os fosfatos naturais reativos, e provavelmente os biofertilizantes de rochas, reagem no solo lentamente (Corrêa et al, 2005), e podem apresentar um efeito residual compensatório (Prochnow et al., 2006); uma vez que o somatório da sua eficiência, quando estimada por períodos longos, pode se igualar aos fosfatos acidulados industrialmente (Bumb & Hammond, 2006); devido à perda deste pela fixação através da precipitação com íons de ferro em função da sua elevada solubilidade, deixando de existir a correlação entre a sua eficiência e a solubilidade (Prochnow & Alcarde 2003).

E quanto ao teor de carbono orgânico determinado no solo (figura 2), percebe-se que este aumentou com a aplicação de biofertilizante, apresentando equação de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 7), com exceção do pó-de-rocha que apresentou redução no teor (figura 2), com resposta do tipo quadrática. E quanto ao tratamento com fertilização química, a avaliação da equação de regressão não foi significativa. O teor máximo de carbono orgânico verificado no solo foi de 11,89 e 9,68 g kg⁻¹, respectivamente, que ocorreu no biofertilizante nos níveis 150 % e 100 %. E o menor teor de carbono orgânico observado, ocorreu no menor nível no pó-de-rocha (5,64 g kg⁻¹).

Acredita-se que este elevado teor de carbono orgânico no solo quando aplicado o biofertilizante, está relacionado com a composição química do mesmo, uma vez que além da adubação realizada com esterco aplicada em todos os

tratamentos este também recebeu, o húmus na proporção de 1;1, com a finalidade de ajustar o valor de pH, contribuindo para o acréscimo de carbono orgânico neste tratamento (Stamford et al., 2006 e 2007).

Fato semelhante é explicado por Agehara & Warncke (2005), Cambardella (2006) e Sánchez-Sánchez et al. (2007), ao afirmarem que além de contribuir para o teor de matéria orgânica na adubação de videiras, o carbono orgânico serve também como condicionador do solo controlando a temperatura e umidade do solo. Apresentando ao mesmo tempo efeito significativo nas características físico-químicas da uva e do mosto (Machado et al., 2007); influenciando principalmente o teor de sólidos solúveis totais, pH e acidez segundo Brunetto (2004) e Brunetto et al. (2007).

No entanto, um aspecto interessante que também deve ser levado em consideração, é em relação à testemunha (figuras 1 e 2), na determinação dos teores de carbono orgânico e dos outros nutrientes (P, S-SO₄⁻², K, Ca, Mg, e Fe); onde se adicionou apenas esterco bovino curtido, percebe-se que o mesmo apresentou níveis insuficientes de nutrientes no suprimento da videira. Contrariamente aos resultados obtidos por Motta et al. (2007), ao afirmar que apenas a adubação de cobertura morta em videiras, foi suficiente para o manejo sustentável do solo no aporte de nutrientes a cultura, quando comparado ao sistema convencional.

Um outro ponto contemplado na pesquisa que pode ser observado na figura 3, é sobre o teor de fósforo e potássio, determinados no solo, aos 26 meses após a implantação das mudas de videira da cv. Itália no campo, que sofreram efeito dos níveis e da localização; os quais apresentam as equações de regressão na tabela 8.

Na avaliação do teor de fósforo, os maiores valores, foram observados nos tratamentos em que se aplicaram os fertilizantes fosfatados na localização entre 15 e 30 cm (figura 3), correspondentes ao local mais próximo da base da planta. E para os teores de potássio, as maiores médias, ocorreram nos tratamentos em que se aplicaram os fertilizantes potássicos na distância entre 75 e 90 cm (figura 3), correspondente ao local de aplicação mais distante da base da planta, ambos em todos os níveis da recomendação para videira irrigada.

Teor de fósforo e potássio no solo em função das localizações e dos níveis

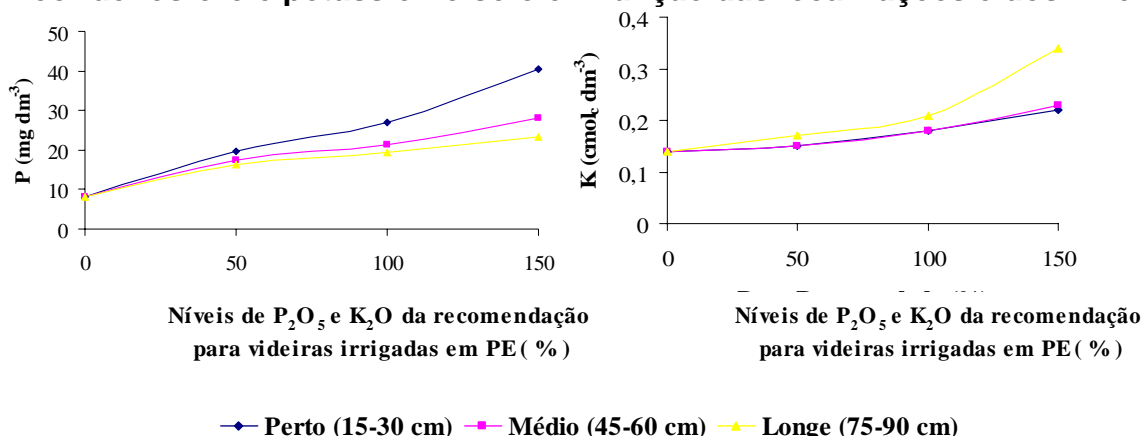


Figura 3. Teor de fósforo e potássio determinados no solo, em função dos locais de aplicação dos fertilizantes e dos níveis da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após instalação no campo.

Tabela 8. Equação de Regressão dos teores de P e K avaliadas no solo, em função dos locais de aplicação dos fertilizantes e níveis da recomendação para videiras irrigadas, aos 26 meses após a instalação no campo ⁽¹⁾.

Variável	Localização	Equação	R ²
Teor de P	Perto	$Y = 8,2056 + 0,261191x + 0,0007021x^2$	0,99**
	Médio	$Y = 8,5143 + 0,166253x + 0,00020613354x^2$	0,98**
	Longe	$Y = 8,398 - 0,1628751x + 0,0004164394x^2$	0,96**
Teor de K	Perto	$Y = 0,1406 + 0,0000521x$	0,84**
	Médio	$Y = 0,1383 + 0,000607x$	0,87**
	Longe	$Y = 0,14397 - 0,000298x + 0,0000534x^2$	0,98**

⁽¹⁾ Na equação, x corresponde ao nível da recomendação para videira irrigada em PE (%), e Y à variável analisada.

O efeito positivo e significativo, do teor de fósforo determinado no solo (figura 3), aumentou com a aplicação de diferentes níveis de fertilizantes, em todas as localizações; no entanto, percebe-se que na localização mais próxima a base da planta, no nível a 150 % da recomendação, ocorreu o maior teor de P que foi de 40,1 mg dm⁻³, com equação de regressão apresentando resposta do tipo quadrática (tabela 8).

E com relação ao teor de potássio (figura 3), também se observou o efeito positivo e significativo, com o aumento da aplicação de fertilizantes em diferentes níveis; mas na localização, entre 75-90 cm, considerada a mais distante da base

da planta no nível a 150 % da recomendação, observou-se o maior teor de K no solo que foi de $0,36 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com equação de regressão apresentando resposta do tipo quadrática (tabela 8).

Um aspecto interessante relacionado à aplicação de compostos fosfatados, refere-se ao transporte deste elemento no solo, que no caso do fósforo, ocorre através do processo de difusão (Malavolta, 2004); uma vez que este elemento apresenta-se como ânion e não possui mobilidade no solo (Bortoluzzi, et al., 2005); dependendo portanto da maior concentração de P na solução do solo (Raij, 2003).

Fato este que pode ser comprovado na figura 3, onde apresenta os valores máximos de P, quando os fertilizantes foram aplicados o mais próximo à base da planta, nos maiores níveis. Resultados semelhantes foram encontrados por e Souza Leão et al. (2000), Faria & Pereira (2001), Oba (2004) e Davey et al. (2006), em relação à aplicação de fertilizantes minerais fosfatados no solo, ao afirmarem que este fertilizante, possui maior solubilização quando aplicado, próximo da base da planta.

Já com relação ao potássio, que é encontrado no solo na forma do íon K^+ , e transportado pelos processos de fluxo de massa e difusão, sendo considerado o mais móvel dos nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera (Malavolta, 2004). Acredita-se, que a aplicação de fertilizantes potássicos (figura 3), na distância entre 75 e 90 cm, sofreu influência da irrigação por gotejamento, o qual se destaca por ser a área de maior umidade no solo (Brunetto et al., 2007), permitindo o transporte deste elemento através do fluxo de massa (Manzatto et al., 2002).

Uma vez que o sistema de irrigação em que as plantas foram submetidas, apresentou bicos gotejadores na distância de $1,0 \times 1,0 \text{ m}$, entre plantas, ou seja, região de maior influência deste tipo de irrigação (Souza Leão et al., 2000 e 2004); e próxima aquela onde ocorreu a aplicação de fertilizantes na distância entre 75 e 90 cm, nos maiores níveis. Contrariamente aos resultados obtidos por Faria et al (2004b), na avaliação de fertilizantes potássicos, em videiras, no Vale do São Francisco, ao afirmar que o melhor efeito na aplicação de fertilizantes potássicos, é quando o mesmo é aplicado o mais próximo da base da planta, evitando a perda da eficiência do mesmo.

4.2 Determinação nas folhas

A figura 4 apresenta os teores dos elementos minerais (P, S-SO₄⁻², K, Ca, Mg e Fe), determinados na parte aérea da videira (folhas) aos 26 meses após a implantação cultura da cv. Itália no campo, que sofreram efeito das fontes e dos níveis aplicados; e as equações de regressão são contempladas na tabela 9.

No entanto os teores de P e K foram maiores nos fertilizantes químicos em todos os níveis; e os teores de S-SO₄⁻², Mg e Fe, destacaram-se nos biofertilizantes em todos os níveis; e o teor de Ca nos tratamentos em que foi aplicado o pó-de-rocha em todos os níveis.

Elementos minerais (P, S-SO₄⁻², K, Ca, Mg e Fe) determinados nas folhas

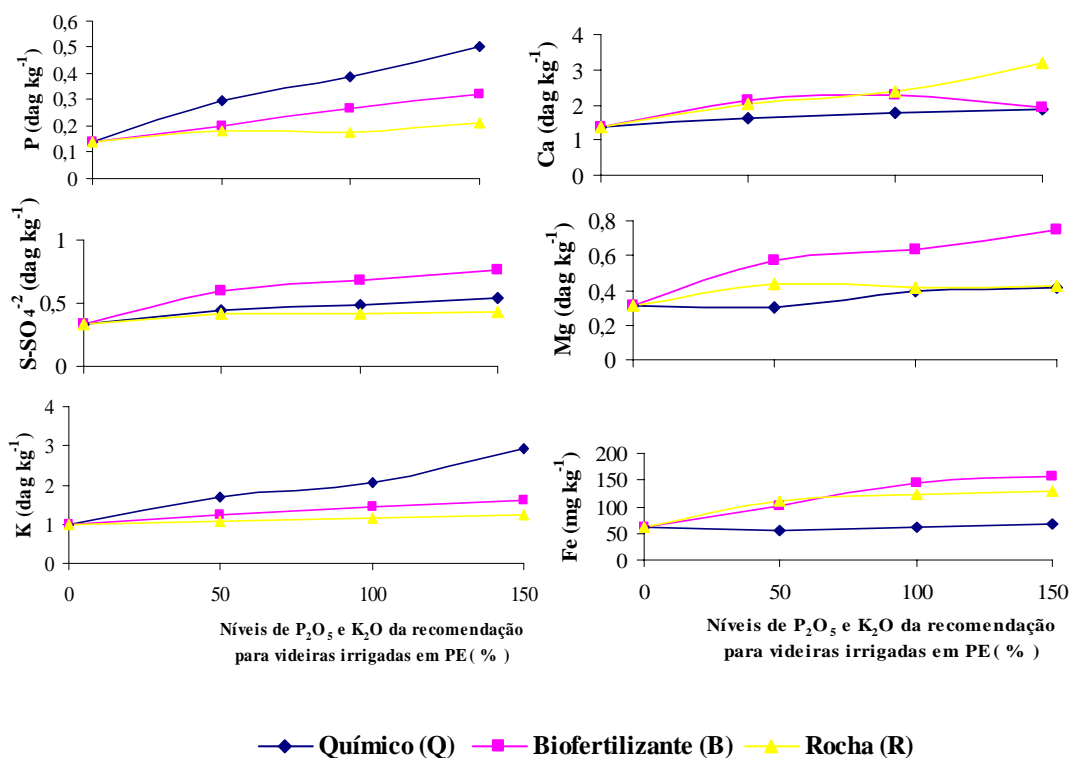


Figura 4. Elementos minerais (P, S-SO₄⁻², K, Ca, Mg e Fe) determinados nas folhas, em função da aplicação de fontes e níveis de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.

Tabela 9. Equações de regressão para os elementos minerais (P, S-SO₄⁻², K, Ca, Mg e Fe), determinados nas folhas em função da aplicação de fontes e níveis de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videiras irrigadas em PE, aos 26 meses após a instalação no campo.

Variável	Fertilizante	Equação de Regressão	R ²
Teor de P	Químico	Y= 0,15317 + 0,0023692x	0,90**
	Biofertilizante	Y= 0,13882 + 0,0012392x	0,96**
	Pó-de-Rocha	Y= 0,14376 + 0,0004418x	0,63**
Teor de S-SO ₄ ⁻²	Químico	Y= 0,33821 + 0,0020892x - 0,000004917x ²	0,85**
	Biofertilizante	Y= 0,34329 + 0,0054408x - 0,00001775x ²	0,92**
	Pó-de-Rocha	Y= 0,35233 + 0,000605x	0,41**
Teor de K	Químico	Y= 1,37119 + 0,0092947x - 0,000021312x ²	0,95**
	Biofertilizante	Y= 0,98504 + 0,0058175x - 0,00001175x ²	0,97**
	Pó-de-Rocha	Y= 0,97812 + 0,001655x	0,83**
Teor de Ca	Químico	Y= 1,36771 + 0,0058792x - 0,000016583x ²	0,77**
	Biofertilizante	Y= 1,36867 + 0,0198983x - 0,0001075x ²	0,98**
	Pó-de-Rocha	Y= 1,36108 + 0,011755x	0,96**
Teor de Mg	Químico	Y= 0,28267 + 0,0008533x	0,57**
	Biofertilizante	Y= 0,32163 + 0,0049992x - 0,00001497x ²	0,92**
	Pó-de-Rocha	Y= 0,31733 + 0,0025633x - 0,000012667x ²	0,47**
Teor de Fe	Químico	Y= 58,07825 - 0,0189638x + 0,0001485273x ²	0,61**
	Biofertilizante	Y= 61,2806 + 1,029489x - 0,002492184x ²	0,80**
	Pó-de-Rocha	Y= 64,51723 + 1,0627129x - 0,00429217x ²	0,85**

(¹) Na equação, 'x' corresponde ao nível de P₂O₅ e K₂O da recomendação para videira irrigada em PE, e 'Y' à variável analisada

O teor de fósforo determinado na parte aérea da videira, aumentou com a aplicação de fertilizante químico e biofertilizante (figura 4), com exceção do pó-de-rocha que, praticamente não alterou os dados em função dos níveis aplicados; e as equações de regressão para todos os fertilizantes apresentaram resposta do tipo linear (tabela 9).

O efeito positivo e significativo dos diferentes níveis nos solos foi mais pronunciado no fertilizante químico (figura 4), onde se observou um maior incremento nos níveis de 100 % e 150 % da recomendação, que foram

respectivamente $0,50 \text{ dag kg}^{-1}$ e $0,38 \text{ dag kg}^{-1}$; e no biofertilizante no nível 150 % alcançando teores de $0,32 \text{ dag kg}^{-1}$. E o menor incremento foi observado no nível a 50 % da recomendação no tratamento com o pó-de-rocha ($0,17 \text{ dag kg}^{-1}$), como pode ser comprovado na figura 1, onde os teores de P, encontrado neste fertilizante apresentou teores reduzidos quando comparados aos valores obtidos nos outros tratamentos. Houve redução do teor na ausência deste nutriente, na testemunha, corroborando aos avançados sintomas de deficiência, nas plantas deste tratamento.

E com relação à faixa de suficiência da videira para o Vale do São Francisco, citada por Faria et al. (2004a), quando avaliou folhas de videiras produtivas, e verificou que os teores ideais de P variam entre $0,20$ a $0,35 \text{ dag kg}^{-1}$; e ao comparamos estes valores com os que foram encontrados na avaliação do experimento, percebe-se que a influência do efeito da fertilização mineral nos tratamentos com o fertilizante químico solúvel nos níveis 50 % e 100 %, e para o biofertilizante em todos os níveis, e para o pó-de-rocha no maior nível; foi eficiente, uma vez que estes teores encontram-se dentro dos limites da faixa, demonstrando a eficiência destes ao suprir o elemento em valores adequados à cultura da uva.

No entanto, a redução do teor de P, principalmente naqueles tratamentos, onde se utilizou o pó-de-rocha, nos níveis de 50 % e 100 %, corrobora como forte indicativo aos sintomas de deficiência, observados nestes tratamentos; uma vez que os mesmos apresentam valores inferiores por faixa de suficiência. Fato este que explicado por Lapido-Loureiro (2005b) e Melgar & Castro (2005), quando afirmam que o fósforo da solução do solo não é suficiente para suprir as necessidades da cultura na demanda deste nutriente.

E nos tratamentos com o fertilizante químico no nível 150 % da recomendação para videira irrigada, observou-se o excesso deste elemento, ou seja, quando o fertilizante químico foi aplicado neste solo, neste nível; promoveu uma solubilização de até 40 % a mais do que os valores normalmente encontrados adequados por faixa de suficiência (Faria et al., 2004b); nesses casos, onde ocorre excesso, há um forte indicativo, de uma absorção pronunciada, que venha interferir nos parâmetros químicos da uva, e desta no

mosto, comprometendo a qualidade do vinho enquadrando-o numa classificação inferior (Jacobs, 2002; Soares et al., 2004; Brunetto et al., 2007).

Um outro aspecto interessante citado por Faria et al. (2004b), na avaliação do incremento deste elemento com o aumento dos níveis aplicados no solo em diferentes fertilizantes fosfatados, ao afirmarem que os teores de P observados acima da recomendação, indicam o excesso de fertilizantes fosfatados solúveis no solo, contribuindo a contaminação dos mesmos.

Fato que é explicado por Logan (1999), na avaliação de diferentes fontes de fósforo aplicada no solo, à base de fertilizantes fosfatados, resíduos urbanos industriais e agroindustriais em diferentes profundidades do solo e no lençol freático; ao afirmar que este elemento quando adicionado em excesso, promove um impacto ambiental, contaminando o lençol freático e posteriormente os mananciais provocando o fenômeno da eutrofização.

Com ao teor de sulfato determinado nas folhas (figura 4), observou-se que este aumentou com a aplicação de biofertilizante, apresentando resposta do tipo quadrática (tabela 9); com exceção do fertilizante químico e pó-de-rocha que apresentaram redução no teor, com resposta do tipo quadrática para o primeiro, e linear para o segundo. O efeito positivo e significativo dos diferentes níveis nos fertilizantes foi mais pronunciado no biofertilizante, onde se observou um maior incremento em todos os níveis, alcançando valores de até $0,77 \text{ dag kg}^{-1}$ no maior nível.

E na avaliação do teor de sulfato nos tratamentos com o fertilizante químico e pó-de-rocha, observou-se um efeito constante para ambos variando entre os valores de $0,50 \text{ dag kg}^{-1}$ para o fertilizante químico no maior nível, e de $0,43 \text{ dag kg}^{-1}$ para o pó-de-rocha, também no maior nível; acredita-se que estas flutuações ocorreram devido à composição química dos fertilizantes, caracterizada na tabela 5, e dos elevados teores encontrados nos solos quando aplicados estes fertilizantes (tabela 6). Houve redução do teor na ausência deste nutriente, na testemunha, corroborando aos avançados sintomas de deficiência, nas plantas deste tratamento.

Fato que também é explicado por Melo (2005), ao considerar teores de sulfato, normal na folha de videiras produtivas, entre 0,3 a 0,45 dag kg⁻¹. No caso dos biofertilizantes (figura 4), percebe-se que a atuação bacteriana, através do biofertilizante, promoveu excesso de sulfato, atingido patamares de até 70% a mais nestes tratamentos no maior nível da recomendação para videiras irrigadas (0,75 dag kg⁻¹), e de até 50% a mais nos níveis a 100 % (0,63 dag kg⁻¹), e de 30% a mais no menor nível da recomendação para videiras irrigadas (0,51 dag kg⁻¹) (tabela 9).

Nos valores do fertilizante químico (figura 4) o excesso de enxofre, também foi observado, atingindo patamares de até 20 % a mais do que aqueles valores normalmente encontrados, quando foi aplicado o maior nível (0,53 dag kg⁻¹). E quanto aos tratamentos com o fertilizante químico no menor nível da recomendação e no nível a 100%; como também no pó-de-rocha em todos os níveis, os valores determinados apresentaram-se dentro da faixa de suficiência (tabela 9).

Um aspecto relevante relacionado ao enxofre, citado por Faria et al.(2004a), em pesquisas na região do sub-médio do São Francisco, é que ainda não se constatou sintomas de deficiência de enxofre em videiras no vale; ao afirmar que este fato, está relacionado com a incorporação de fertilizantes químicos contendo enxofre e a aplicação simultânea de defensivos à base de enxofre, garantindo um suprimento adicional desse nutriente às culturas; contrariamente, aos dados verificado, na pesquisa como pode ser observado na figura 4, em relação aos teores de enxofre, onde este foi suprido apenas pelos fertilizantes utilizados.

Os teores de potássio determinados nas folhas (figura 4) aumentou com a aplicação de fertilizantes químicos apresentando equação de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 9); com exceção dos biofertilizante e do pó-de-rocha, que apresentaram uma flutuação constante no teor de K, com resposta do tipo quadrática para o primeiro, e do tipo linear para o segundo. Os teores máximos de potássio verificados nas folhas da videira foram de 2,92 dag kg⁻¹, para o fertilizante químico e de 1,58 dag kg⁻¹, para o biofertilizante, ambos nos níveis mais elevados. E o menor teor de potássio observado na análise foliar ocorreu no nível 50 % da recomendação com valores de 1,05 dag kg⁻¹ (tabela 9).

O incremento deste elemento com o aumento dos níveis aplicados no solo com diferentes fertilizantes, observados na análise foliar (tabela 9), reflete principalmente a caracterização destes (tabelas 2 e 5), uma vez que a tendência de aumento dos teores de potássio ocorreu principalmente, naqueles tratamentos com fertilizante químico em todos os níveis. E para os níveis de 50 % e 100 % da recomendação para videiras no biofertilizante; no entanto houve tendência a estabilização dos teores detectados no pó-de-rocha, onde apresentaram os menores níveis. Houve redução do teor na ausência deste nutriente, na testemunha, corroborando aos avançados sintomas de deficiência, nas plantas deste tratamento.

No entanto, ao verificar-se a faixa de suficiência, para os teores de potássio, de acordo com Faria et al. (2004a), que deve estar entre 1,2 a 2,0 dag kg⁻¹ de K; percebe-se que o tratamento com o biofertilizante (figura 4), em função da diagnose foliar, apresentou teores dentro da faixa, em todos os níveis da recomendação; e nos tratamentos com fertilizante químico (figura 4), verificou-se excesso nos teores foliares, no maior nível.

Fato este, que é explicado por Mpelasoka et al. (2003) e Knoll et al.(2007) ao afirmar que a investigação de potássio através da análise foliar, permite o controle da aplicação dos níveis adequados deste elemento no solo, limitando a aplicação de adubação excessiva.

No entanto, vale salientar que a carência do potássio, observada nos tratamentos com o pó-de-rocha, em todos os níveis (figura 4) interfere na síntese protéica, causando elevação na quantidade de aminoácidos livres, retarda a maturação e promove a produção de cachos pequenos, frutos duros, verdes e ácidos (Christensen & Kearney, 2000; Brunetto et al., 2007; Mohammad & Fallahi, 2007); o que pode ser comprovado nas tabelas 10, 11, e 12 em relação as determinações qualitativas e quantitativas realizadas no mosto e nos frutos nestes tratamentos.

Um outro aspecto interessante é em relação ao excesso de potássio nas folhas, segundo Jacobs (2002) e Ibatini (2004), é sobre o acúmulo de ácido málico na baga; que compromete a qualidade do mosto e do vinho (Mohammad & Fallahi, 2007). Fato este que pode ser contemplado na figura 4, na aplicação de

fertilizante químico no nível mais elevado (150 % da recomendação), onde o excesso de potássio, também pode ser comprovado na avaliação qualitativa do mosto (tabela 10) corroborando a um efeito negativo deste tratamento no caso venha ser utilizado no preparo do vinhos.

Em relação ao teor de cálcio determinado na análise foliar (figura 4), observou-se que este aumentou com a aplicação de pó-de-rocha e biofertilizante, em todos os níveis, apresentando equações de regressão com resposta do tipo linear para o primeiro e quadrática para o segundo (tabela 9), com exceção do fertilizante químico que apresentou redução no teor, mas com resposta do tipo quadrática.

O efeito positivo e significativo dos diferentes níveis nos fertilizantes foi mais pronunciado no pó-de-rocha e no biofertilizante no nível a 150% da recomendação, onde se observou um maior incremento nos teores de Ca variando respectivamente, entre 3,09 e 2,04 dag kg⁻¹. E o menor incremento, foi observado no menor nível da recomendação para videiras irrigadas, nos tratamentos com o fertilizante químico (1,66 dag kg⁻¹). Houve redução do teor na ausência deste nutriente, na testemunha, corroborando aos avançados sintomas de deficiência, nas plantas deste tratamento.

Acredita-se que este incremento do teor de cálcio é devido ao biofertilizante e ao pó-de-rocha apresentarem este elemento na sua composição como pode ser observado na tabela 2, em relação a caracterização química dos mesmos. Fato este que é explicado por Stamford et al (2006 e 2007), ao afirmar que o incremento deste elemento está relacionado com o aumento dos níveis aplicados no solo. No entanto o decréscimo percebido nos tratamentos com fertilizante químico está relacionado ao baixo teor deste elemento encontrado no solo, como pode ser contemplado na tabela 1, referente ao valor inicial encontrado no solo, e na figura 2, em relação ao valor obtido no final do experimento.

No tocante a faixa de suficiência, segundo Faria et al. (2004a), considerando os teores de cálcio normal em folhas de videira, entre 1,8 a 2,7 dag kg⁻¹; e observando a figura 4, destacamos que os valores apresentam-se adequados para os tratamentos com o biofertilizante em todos os níveis, com o

fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 %, e nos tratamentos com o pó-de-rocha, nos níveis 50 % e 100 % da recomendação; mas, para o pó-de-rocha, no nível a 150 % da recomendação, observou-se excesso, o que permite concluir que este valor elevado interferiu na absorção de outros elementos.

O teor de magnésio determinado nas folhas (figura 4), aumentou com a aplicação de biofertilizante, em todos os níveis da recomendação, apresentando equação de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 9), com exceção do pó-de-rocha e do fertilizante químico, em todos os níveis, que apresentaram valores constantes, com resposta do tipo quadrática para o primeiro e linear para o segundo.

O efeito positivo e significativo dos diferentes níveis nos solos foi mais pronunciado no biofertilizante no nível recomendado e no nível 150 % da recomendação, onde se observou um maior incremento nos teores de Mg, respectivamente 0,62 e 0,53 dag kg⁻¹(figura 4). Já o menor incremento foi observado no fertilizante químico no menor nível da recomendação para videiras irrigadas (0,28 dag kg⁻¹). Houve redução do teor na ausência deste nutriente, na testemunha, corroborando aos avançados sintomas de deficiência, nas plantas deste tratamento.

Em pesquisas utilizando o mesmo biofertilizante, Stamford et al. (2006 e 2007), também observaram incremento deste elemento com o aumento dos níveis aplicados no solo com diferentes fertilizantes, em pesquisas realizadas com melão e alface. Fato que é explicado, na figura 4, através da maior disponibilidade de magnésio nos tratamentos com o biofertilizante, comprovando a presença da dissolução da biotita, por bactérias oxidantes de enxofre (*Acidithiobacillus*) (Stamford et al., 2003).

Acredita-se também que estas flutuações relacionadas aos teores de magnésio, está relacionada a composição química, principalmente do biofertilizante e do pó-de-rocha (Zapata, 2002); uma vez que são preparados com rocha, conhecida por biotita que contém este elemento na sua composição mineral como é citado por Lapido-Loureiro et al. (2005); Melgar & Castro (2005); Bortoluzzi et al. (2005); Curi (2004); Peroni (2003); Van Straaten (2002).

Com relação a faixa de suficiência, o magnésio apresenta teor normal na folha da videira variando entre 0,30 a 0,50 dag kg⁻¹, segundo Faria et al. (2004a); como pode ser constatado na figura 4, nos tratamentos com o biofertilizante em

todos os níveis, onde ocorreu o excesso deste nutriente, atingindo patamares de $0,53 \text{ dag kg}^{-1}$ e $0,62 \text{ dag kg}^{-1}$, respectivamente nos níveis 100% e 150% da recomendação; e nos tratamentos com o fertilizante químico e pó-de-rocha, percebe-se que apesar dos teores encontrarem-se próximos ao limite mínimo os mesmos apresentam teores adequados em todos os níveis.

Já o teor de ferro determinado nas folhas da videira (figura 4), aumentou com a aplicação de biofertilizante e pó-de-rocha, ambos, apresentando equação de regressão com resposta do tipo quadrática (tabela 9), com exceção do fertilizante químico que apresentou redução no teor, com resposta do tipo quadrática. Os teores máximos de ferro determinados nas folhas foram de $158,1$ e $109,1 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, que ocorreram no biofertilizante e no pó-de-rocha, ambos na maior níveis. E o menor teor de ferro observado na análise foliar ocorreu no menor nível da recomendação para videiras irrigadas, do fertilizante químico que foi de $50,9 \text{ mg kg}^{-1}$.

O efeito positivo e significativo do teor de ferro determinado nas folhas (figura 4), nos diferentes níveis, ocorreu no biofertilizante e no pó-de-rocha, onde se observou um maior incremento deste elemento em todos os níveis; no entanto o menor incremento foi observado no fertilizante químico principalmente no menor nível.

Em referência, aos limites da faixa de suficiência, considerados adequados, que variam entre 60 a 180 mg kg^{-1} em videiras produtivas, como citado por Faria et al.(2004a); verifica-se que os tratamentos com o biofertilizante e com o pó-de-rocha, em todos os níveis, apresentaram teores adequados; no entanto, para o fertilizante químico os valores encontrados, apresentaram-se bem próximo ao limite mínimo nos níveis de 100% e 150% da recomendação; e inferior no nível com 50% da recomendação.

Com relação aos elevados teores encontrados no biofertilizante e no pó-de-rocha, acredita-se que os mesmos sofreram interferência, do ferro encontrado na sua composição química (Zapata & Roy, 2004), conforme a tabela 2; o que corroborou na redução de outros elementos como o fósforo, nestes tratamentos (figuras 1 e 3).

Este problema do excesso de ferro nas plantas que receberam fosfatos naturais, é explicado por Meurer (2000), Horowitz et al.(2003), Horowitz & Meurer (2005) e Viana (2005), ao afirmarem que a aplicação de compostos nos solos contendo elevadas concentrações de ferro, adsorvem o fósforo. E também nas

pesquisas realizadas por Léon (2007) e Knoll et al.(2007) ao afirmar que os teores de ferro no solo no cultivo de videiras de mesa, em excesso promovem redução de fósforo na fase de crescimento, e conseqüentemente na produção da uva.

4.3 Determinação no mosto

A tabela 10 contempla os resultados da determinação qualitativa no mosto, aos 26 meses, após a instalação da cultura no campo; que sofreram efeito das fontes e dos níveis, e a interação entre esses fatores influenciaram significativamente o pH e os teores dos minerais: fósforo, enxofre (SO_4^{-2}), potássio, cálcio, magnésio e ferro. Já testemunha, não produziu frutos.

O efeito das fontes, em relação aos maiores valores de pH e dos teores de P e K, foi observado no tratamento em que se aplicou o fertilizante químico. Já nos tratamentos em que se aplicou o biofertilizante, destacaram-se os maiores valores para o S- SO_4^{-2} , o Mg e o Fe. E para aqueles em que foi aplicado o pó-de-rocha, os maiores valores foram observados na avaliação do cálcio (tabela 10).

Tabela 10. Determinação de pH, fósforo, enxofre (SO_4^{-2}), potássio, cálcio, magnésio e ferro no mosto, em função da aplicação de fontes e níveis de fertilizantes químicos (SS e K_2SO_4), biofertilizantes de rochas com P e K e pó de rochas com P e K, aos 26 meses após a instalação no campo.

Níveis de Fertilização com P e K ¹	Determinação dos minerais no mosto da uva						
	pH	P	S- SO_4^{-2}	K	Ca	Mg	Fe
	$\text{H}_2\text{O}_{1:2,5}$	----- (mg L ⁻¹)-----					
Químico _{PK50}	4,0Ca	38,7Ca	15,7Bb	1092,0Ca	46,3Bc	29,4Bc	2,9Ac
Químico _{PK100}	4,3Ba	47,3Ba	18,9ABb	1631,3Ba	60,8Ac	36,8Bc	3,2Ac
Químico _{PK150}	4,6Aa	53,1Aa	23,4Ab	1996,7Aa	68,2Ac	54,9Ac	3,5Ac
Biofertilizante _{PK50}	3,2Bb	25,0Cb	27,2Ba	902,5Bb	64,3Cb	94,2Ba	9,0Ca
Biofertilizante _{PK100}	3,3ABb	33,7Bb	36,8Aa	1003,0Ab	74,6Bb	102,7Aa	13,2Ba
Biofertilizante _{PK150}	3,4Ab	40,1Ab	40,2Aa	1040,8Ab	87,3Ab	113,2Aa	14,9Aa
Rocha _{RPK50}	2,9Bc	15,6Ac	6,8Bc	656,6Bc	96,8Ca	42,9Bb	6,2Cb
Rocha _{RPK100}	3,0ABc	16,9Ac	13,0Ab	733,3Ac	119,6Ba	46,9Bb	7,5Bb
Rocha _{RPK150}	3,1Ac	20,7Ac	14,3Ac	749,2Ac	132,1Aa	56,0Ab	8,8Ab

¹Os níveis correspondem a recomendação para videira irrigada IPA (1998). Letras maiúsculas apresentam

diferença significativa na interação em cada fonte PK nos diferentes níveis, e letras minúsculas entre as fontes PK em cada nível, pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade. C.V. (%): pH = 2,99 P =10,09; S-SO₄⁻² = 9,23; K=3,34; Ca =7,13; Mg =5,78 e Fe= 5,43. DMS: pH = 0,10; P= 5,62; SO₄⁻² = 6,31; K= 49,01; Ca = 8,95; Mg=8,02e Fe= 0,64. *O tratamento controle (P₀K₀) não produziu frutos.

Os valores médios do pH determinados no mosto (tabela 10), que foi de 3,2, 3,3 e 3,4 no tratamento com o biofertilizante, respectivamente nos níveis 50, 100 e 150 % da recomendação, e naqueles com o pó-de-rocha nos níveis 100 e 150 % que apresentaram, respectivamente 3,0 e 3,1; quando comparados aos valores, obtidos na literatura, citada por diferentes autores que é igual ou inferior a 3,3 (Rizzon et al., 2003 e 2005), percebe-se que estes tratamentos com o biofertilizante e o pó-de-rocha, apresentaram-se dentro dos valores normalmente considerados para a avaliação pH em mostos (Rizzon & Miele, 2002a; Nunes, 2003; Mira et al., 2004 a; Curvelo-Garcia, 2005; Brunetto et al., 2007).

Já nos tratamentos com o fertilizante químico, em todos os níveis, observa-se uma predominância, dos valores de pH acima de 4,0, sendo considerado elevado segundo Rizzon et al. (2000) e Rizzon & Miele (2004); indicando que os vinhos, preparados com estes mostos, serão expostos a alterações microbiológicas e físico-químicas, prejudiciais a sua estabilidade (Mira et al., 2004 a; Curvelo-Garcia, 2005).

De acordo com Rizzon & Miele (2002b), Brunetto (2004) e Manfroi et al. (2006), estes valores elevados de pH no mosto, é influenciado pelo teor de potássio no solo, como podem ser comprovados na figura 1, onde os tratamentos com o fertilizante químico em todos os níveis, apresentaram os maiores teores deste elemento, em relação aos outros tratamentos (tabela 6).

Um outro ponto que deve ser levado em consideração em relação ao pH é que este pode interferir na cor e exercer um efeito pronunciado no sabor, nos mostos com pH acima 3,3, (Rizon & Miele, 2000 e 2001); sendo necessário a correção química artificial para que alcance valores aceitáveis a vinificação (Curvelo-Garcia, 2005); uma vez que nestas condições o vinho encontra-se protegido da ação das enzimas oxidativas durante a fase pré-fermentativa (Mira et al., 2004 a e 2004 b).

E na avaliação dos teores médios do fósforo no mosto (tabela 10), verifica-se que os tratamentos com fertilizantes químicos, nos níveis a 100 % e 150 % da recomendação, apresentaram respectivamente de 47,3 e 53,1 mg L⁻¹; e no tratamento com o biofertilizante no nível 150 % da recomendação, com 40,1 mg L⁻¹; atendendo as exigências mínimas para a utilização destes mostos no processo

de vinificação que é de 40 mg L^{-1} (Curvelo-Garcia, 2005). Ao contrário daqueles tratamentos em que se utilizou o pó-de-rocha em todos os níveis, o biofertilizante nos níveis 50 e 100 %, e o fertilizante químico no menor nível (tabela 10).

Portanto, faz necessário destacar que estes tratamentos (fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 %, e o biofertilizante no nível 150 %), atendem as exigências mínimas para a utilização destes mostos no processo de vinificação de acordo com Rizon et al. (2000), e com Rizon & Miele (2002a e 2004). Permitindo concluir que a utilização da uva Itália, vem a ser como alternativa ao preparo de sucos ou de vinhos, no Vale do São Francisco, em períodos redução do consumo in natura.

No caso do enxofre, a literatura refere-se principalmente a ação do sulfito (SO_2) no mosto, apresentando valores de até 250 mg L^{-1} (Curvelo-Garcia, 2005); sendo essencial em vinhos de uvas brancas, onde o material corante é oxidado em menores quantidades, indicando o processo seletivo de leveduras e da fermentação num estado de maior pureza (Rizon & Miele, 2001). No entanto, níveis reduzidos de enxofre no mosto contribuem ao escurecimento do vinho, no qual a cor do vinho branco passa a ser amarelo escuro, necessitando adicionar enxofre na forma de sulfito no mosto, a fim de evitar a casse oxidásica, que é a interferência de enxofre na coloração (Iwanove et al., 2006).

No entanto a avaliação do enxofre, foi realizada em função dos teores médios de sulfato no mosto (tabela 10); onde os maiores valores predominaram nos tratamentos com o biofertilizante, alcançando 36,8 e $40,2 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente nos níveis de 100 % e 150 % da recomendação; enquanto os menores teores foram observados nos tratamentos com o pó-de-rocha no menor nível.

Este fato é comprovado através dos elevados teores de sulfato, obtidos na análise do solo (figura 1) e na análise foliar (figura 4), acredita-se que estes teores possam favorecer o processo de fermentação, tendo em vista que o sulfato pode ser reduzido a sulfito, e posteriormente ser utilizado pelas leveduras. Ao contrário daqueles tratamentos em que se utilizou o pó-de-rocha e o fertilizante químico, ambos em todos os níveis (tabela 10).

Com relação ao conteúdo médio de potássio no mosto (tabela 10), percebe-se que nos tratamentos com fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 % da recomendação predominaram os maiores valores que foram respectivamente 1631,3 e $1996,7 \text{ mg L}^{-1}$; que ao serem comparados ao teor

citado na literatura que é 1000 mg L^{-1} (Robinson & Forster, 2006); ultrapassam cerca de 60 % no nível recomendado e 100 % no maior nível, indicando que há excesso de açúcar nestes mostos (Rizon & Miele 2002, 2004; Mohammad & Fallahi, 2007); e se forem utilizados no preparo do vinho, estes devem ser corrigidos, com a finalidade de evitar problemas de acidificação (Curvelo-Garcia, 2005; Corrêa et al., 2006; Carvalho & Curvelo-Garcia, 2007).

Este excesso de potássio no mosto segundo alguns autores, é atribuído ao processo de maceração, durante a vinificação, a que são submetidas às partes sólidas da uva (película e semente) (Brunetto et al., 2007); disponibilizando elevados teores de K no mosto, e deste no vinho, que estão em relação direta com as concentrações deste elemento no solo (Rizon & Miele, 2002a, 2004).

Na figura 1, com relação ao teor de potássio no solo, percebe-se que as maiores concentrações foram observadas nos tratamentos com fertilizantes químicos em todos os níveis; demonstrando que a influência do excesso de potássio no solo contribuiu para o excesso deste elemento no mosto (Brunetto, 2004; Rizon et al., 2006; Brunetto et al., 2007).

Fato que também é explicado por Mpelasoka et al. (2003) e Knoll et al. (2007) ao afirmar que o aumento de potássio na baga e posterior, no mosto, potencializa a formação de bitartarato de potássio do vinho depreciando a sua qualidade química. Contrariamente a estes autores, Naor et al. (2002) avaliando a qualidade do mosto no processo de vinificação, afirma que os níveis elevados de potássio no mosto, advindos de adubação potássica, não interfere na qualidade do vinho, uma vez que este elemento não sofrerá fermentação.

E com relação aos teores de potássio nos tratamentos com o fertilizante químico no menor nível da recomendação para videiras irrigadas ($1092,0 \text{ mg L}^{-1}$) e o biofertilizante no nível a 100% da recomendação ($1000,30 \text{ mg L}^{-1}$) e no nível 150% ($1040,8 \text{ mg L}^{-1}$) (tabela 2); apresentaram valores semelhantes ao que é exigido na literatura, segundo Rizon & Miele (2002 e 2004) e Robinson & Forster (2006). Ao contrário daqueles tratamentos em que se utilizou o pó-de-rocha, em todos os níveis, e o biofertilizante no menor nível da recomendação para videiras irrigadas (tabela 10), os quais apresentaram valores adequados às exigências de vinificação citada por Miele & Rizon (2006).

Com relação a média do teor de cálcio (tabela 10) no mosto, percebe-se que os níveis elevados deste elemento, predominaram naqueles tratamentos com o pó-de-rocha, em todos os níveis, e sucessivamente nos tratamentos com o fertilizante químico, nos mesmos níveis; permitindo concluir que estes valores estão relacionados aos teores determinados no solo, contemplados na figura 1. Fato este que é explicado por Bates (2003 e 2005) e Kamas (2007), ao afirmar que em solos cultivados com videiras produtivas, submetidos, a uma adubação excessiva com este elemento, o mesmo refletira na uva e conseqüentemente nos teores do mosto e do vinho.

Com relação à avaliação do teor de cálcio no mosto (tabela 12), percebe-se que os maiores valores, predominaram nos tratamentos com o pó-de-rocha, em todos os níveis, respectivamente 96,8, 119,6 e 132,1 mg L⁻¹, nos níveis 50%, 100% e 150%; seguidos das médias dos tratamentos com o biofertilizante em seus respectivos níveis; enquanto os menores valores foram observados nos tratamentos com o fertilizante químico no menor nível.

No entanto, ao comparar os teores de cálcio contemplados na tabela 12, com o valor citado por Manfroi et al. (2006), no preparo do mosto, que é de até 43,4 mg L⁻¹ de Ca para as exigências nacionais e de 45,0 mg L⁻¹ de Ca para exigências internacionais do Rosslyn et al. (2007) na utilização do mesmo no processo de vinificação; percebe-se que todos os teores de cálcio avaliados no mosto (tabela 12) desta pesquisa, encontram-se elevados. No entanto os níveis mais elevados estão relacionados com os teores determinados nos tratamentos de fertilização à base da apatita que contém teores elevados de cálcio na sua composição como pode ser observado na tabela 2, quanto a caracterização química do fertilizante.

Contrariamente aos resultados observados nesta pesquisa, alguns autores afirmam que um dos fatores que contribuem no aumento do teor de cálcio no mosto e sucessivamente, no vinho é a pulverização com calda bordalesa para controle de doenças fúngicas (Rizon & Miele, 2004); no entanto, como pode ser observado na figura 4, o teor de cálcio determinado nas folhas, atendeu as exigências nutricionais da videira, e não da aplicação de fungicidas a base de cálcio.

E com relação aos teores médios do magnésio no mosto, tabela 10, nos tratamentos com o biofertilizante em seus respectivos níveis, percebe-se que estes apresentam valores acima das quantidades necessárias na composição do mosto que segundo Manfroi et al. (2006), os níveis de Mg podem atingir até 50,2 mg L⁻¹ a nível nacional; e de 52,6 mg L⁻¹ de Mg no mosto a nível internacional (Rosslyn et al., 2007) demonstrando a relação do que foi determinado no mosto com a disponibilidade no solo (figura 2) (Rizon & Miele, 2004). Contrariamente ao que ocorreu nos tratamentos em que se utilizou o fertilizante químico e o pó-de-rocha, ambos em todos os níveis (tabela 10), que atenderam as exigências da literatura específica na avaliação do teor de magnésio no mosto da uva.

Acredita-se que estes teores de magnésio determinados nos tratamentos com o biofertilizante à base de biotita, estão relacionados com a solubilização deste elemento contido na rocha, através da atuação da bactéria *Acidithiobacillus*. Fato que também foi constatado por Moura (2006) e Stamford et al. (2006) e Stamford et al. (2007), usando o mesmo biofertilizante, respectivamente na alface, no melão e na cana-de-açúcar. Ao contrário do que ocorreu com os tratamentos aplicados apenas com o pó-de-rocha, acrescido de enxofre.

Com relação aos teores médios de ferro no mosto, contemplados na tabela 10, percebe-se que os maiores teores, ocorreram na avaliação dos tratamentos com o biofertilizante em todos os níveis, seguidas dos tratamentos com o pó-de-rocha e com o fertilizante químico, em seus respectivos níveis; conclui-se, portanto que estes teores observados no mosto estão relacionados às quantidades determinadas na caracterização química destes compostos como pode ser comprovada na tabela 2.

De acordo com Manfroi et al. (2006), avaliando o teor de ferro no mosto, durante o processo de vinificação encontrou o valor médio de 2,0 mg L⁻¹ de Fe, e afirma que este valor atende as exigências nacionais para a utilização do mesmo no fabrico de vinhos; uma vez teores elevados de Fe, favorecem ao fenômeno da casse férica, promovendo turvações no vinho (Knoll et al., 2007).

A casse férica, segundo Mira et al. (2004b), consiste na turvação do vinho devido ao elevado teor de ferro, tendo em vista que os valores máximos adotados devem situar-se próximos a 10,0 mg L⁻¹ (Curvelo-Garcia, 2005); caso se

evidencie o excesso de Fe, como ocorreu nos tratamentos com o biofertilizante e o pó-de-rocha em todos os níveis (tabela 10), este mosto deverá ser corrigido através de um processo químico (Corrêa et al., 2006). Contrariamente a estes resultados, a avaliação do mosto nos tratamentos com fertilizante químico, apresentou teores satisfatórios.

4.4 Determinação nos frutos

A tabela 11 contempla os resultados da determinação qualitativa da uva, aos 26 meses, após a instalação da cultura no campo. Os tratamentos de fertilizantes e níveis, e a interação entre esses fatores influenciaram significativamente o teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e a relação entre SST/ATT.

Os melhores resultados, em relação aos teores de sólidos solúveis totais (SST) e da relação entre SST/ATT, foram observados nos tratamentos em que se utilizou o fertilizante químico, em todos os níveis, os quais apresentaram as maiores médias; e na avaliação da acidez total titulável (ATT), o tratamento com o pó-de-rocha, em todos os níveis, foi o que apresentou as maiores médias.

Tabela 11. Determinação de SST, ATT e SST/ATT em função da aplicação de fontes e níveis de fertilizantes químicos (SS e K₂SO₄), biofertilizantes de rochas com P e K, e pó de rochas com P e K, aos 26 meses após a instalação no campo.

Níveis de Fertilização com P e K ¹	Determinação dos parâmetros químicos no fruto		
	Sólidos solúveis totais (SST)	Acidez total titulável (ATT)	Relação entre SST/ATT
	------(Brix ⁰) -----	(g ácido tartárico ¹)	
Químico PK50	16,2Ca	0,76Ac	21,31Ca
Químico PK100	18,9Ba	0,67Bc	28,20Ba
Químico PK150	23,5Aa	0,66Bc	35,60Aa
Biofertilizante PK50	12,5Bb	0,77Bb	16,23Cb
Biofertilizante PK100	14,6Bb	0,79Ab	18,48Bb

Biofertilizante PK150	17,8Ab	0,74Ab	24,05Ab
Rocha PK50	11,0Bb	0,90Ba	12,22Bc
Rocha PK100	12,7Bb	0,86Ba	14,76ABc
Rocha PK150	14,3Ac	0,85Aa	16,82Ac

⁽¹⁾ os níveis utilizadas foram baseadas de acordo com a recomendação (50%, 100% e 150%). Letras maiúsculas apresentam diferença significativa na interação em cada fonte PK nos diferentes níveis, e letras minúsculas entre as fontes PK em cada nível, pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade. C.V. (%): SST= 6,80; ATT= 12,51 ; SST/ATT=1,29 ; DMS: SST= 2,60; ATT=0,02 ; SST/ATT=1,52. *O tratamento controle (P₀K₀) não produziu frutos.

Com relação ao teor de sólidos solúveis totais (SST), na tabela 11, verificou-se que nos tratamentos com fertilizante químico em todos os níveis, e no biofertilizante no nível 150 %; os valores obtidos foram superiores ao valor mínimo recomendado, que é de 15⁰ Brix (Souza Leão et al., 2004; Mascarenhas, 2004), para a colheita nas condições do Submédio Vale do São Francisco, obtendo-se valores médios de 16,2, 18,9 e 23,5⁰ Brix nos tratamentos com o fertilizante químico, respectivamente, nos níveis 50, 100 e 150 % da recomendação. E o valor de 17,8⁰ Brix no tratamento com o biofertilizante no nível mais elevado. Ao contrário daqueles tratamentos em que se utilizou o biofertilizante nos níveis 50 e 100% e o pó-de-rocha, ambos em todos os níveis (tabela 11).

No tocante à acidez total titulável (ATT) (tabela 11), o tratamento com o pó-de-rocha, destacou-se por apresentar as maiores médias, em todos os tratamentos; aproximando-se do teor de 1,0 g de ácido tartárico por 100 ml de suco (Choudhury, 1999 e 2000; Souza Leão et al., 2001 e Mascarenhas, 2004). Fato este que é explicado por Razeto (2007) e (Knoll et al., 2007), ao afirmar que a redução de potássio no solo, compromete a qualidade da uva, reduzido os teores de açúcar elevando os níveis de acidez. Ao contrário daqueles tratamentos em que se utilizou o fertilizante químico e o biofertilizane, ambos em todos os níveis (tabela 11), os quais disponibilizaram teores de potássio, suficientes a maturação da uva, apresentando níveis adequados de acidez total titulável.

Já a relação SST/ATT, que esta relacionada ao sabor da uva, e na avaliação dos tratamentos, com fertilizante químico em todos os níveis, e no biofertilizante no nível 150 %, contemplados na tabela 11, os valores foram superiores ao mínimo recomendado para uvas de mesa, que é de 20, segundo

Roberto et al. (2002) e Mascarenhas (2004). Portanto, estes tratamentos apresentaram níveis satisfatórios em relação ao grau de maturação, conferindo um equilíbrio adequado entre açúcares e ácidos, resultando num sabor agradável (Choudhury, 2000; Mira et al., 2003). Ao contrário daqueles tratamentos em que se utilizou o biofertilizante nos níveis 50 e 100 % e o pó-de-rocha, em todos os níveis (tabela 11).

Em pesquisas avaliando os níveis de acidez total titulável (ATT) da uva de mesa em função da aplicação de diferentes fontes de potássio, Blouin & Guimberteau (2001), Bavaresco & Poni (2005) e Botelho et al. (2006), verificaram que o aumento dos níveis deste elemento contribuiu para a redução da acidez, e para o aumento da produtividade; o que pode ser constatado na tabela 11, em relação as diferentes fontes e níveis, em função dos valores de maturação obtidos através da relação SST/ATT.

A tabela 12 apresenta os resultados da caracterização física da uva, aos 26 meses, após a instalação da cultura no campo. Os tratamentos de fertilizantes e níveis, e a interação entre esses fatores influenciaram significativamente, o peso de bagas, o peso de cachos, o comprimento de cachos e o rendimento dos frutos. Os melhores resultados da caracterização física (tabela 12), foram observados nos tratamentos em que se utilizou o fertilizante químico, em todos os níveis, os quais apresentaram as maiores médias.

Tabela 12. Características físicas da uva quanto ao peso de bagas, peso de cachos, comprimento dos cachos e rendimento dos frutos, em função da aplicação de fontes e níveis, fertilizantes químicos (SS e K₂SO₄), biofertilizantes de rochas com P e K e pó de rochas com P e K, aos 26 meses após a instalação no campo.

Níveis de fertilização com P e K ¹	Determinação dos parâmetros físicos no fruto			
	Peso de bagas (g baga ⁻¹)	Peso de cachos (g cacho ⁻¹)	Comprimento de cachos (cm cacho ⁻¹)	Rendimento dos Frutos (t ha ⁻¹)
Químico PK50	7,3Ba	297,5Ca	18,5Bb	14,6Ca
Químico PK100	9,1Ba	394,0Ba	24,2Aa	18,7Ba
Químico PK150	11,0Aa	498,3Aa	26,1Aa	21,6Aa

Biofertilizante PK50	5,3Bb	236,9Cb	14,4Bb	7,9Cb
Biofertilizante PK100	6,8Ab	290,5Bb	17,6ABb	10,4Bb
Biofertilizante PK150	8,1Ab	320,2Ab	20,3Ab	15,2Ab
Rocha PK50	4,7Ab	206,7Ac	9,9Bc	1,7Bc
Rocha PK100	5,1Ab	225,4Ac	11,6Ac	2,4Bc
Rocha PK150	5,5Ac	242,1Ac	15,2Ac	4,8Ac

⁽¹⁾ Os níveis utilizados foram baseados de acordo com a recomendação do IPA (1998). Letras maiúsculas apresentam diferença significativa na interação em cada fonte PK nos diferentes níveis, e letras minúsculas entre as fontes PK em cada nível, pelo teste de Tukey-Kramer a 5% de probabilidade. C.V. (%): peso de bagas=4,13; peso de cachos= 9,83; comprimento dos cachos=3,82; rendimento dos frutos= 11,36; DMS: peso de bagas= 1,9; peso de cachos=53,02; comprimento dos cachos=3,67; rendimento dos frutos= 2,24. *O tratamento controle (P₀K₀) não produziu frutos.

Na avaliação do peso médio das bagas (tabela 12), nos tratamentos com o fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 % da recomendação para videira em PE, e no biofertilizante no maior nível da recomendação, os resultados obtidos, apresentaram-se dentro do limite do que se propõem ao peso médio de bagas de uvas para exportação que é situado entre os valores de 8 a 20 g baga⁻¹ (Souza Leão et al., 2001).

Em relação ao peso médio dos cachos (tabela 12), verificam-se nos tratamentos com o fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 % da recomendação, e no biofertilizante no maior nível da recomendação, que os resultados apresentaram-se satisfatórios; uma vez que os valores, citados na literatura com relação ao peso médio dos cachos, podem variar entre 300 e 800 g cacho⁻¹, satisfazendo os critérios de exportação (Souza Leão et al., 2000).

E com relação ao comprimento médio dos cachos (tabela 12), destacaram-se os tratamentos com o fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 % da recomendação, apresentando respectivamente 24,2 e 26,1 cm; e o tratamento com o biofertilizante no maior nível da recomendação, apresentando 20,3 cm; os resultados obtidos apresentaram-se satisfatórios quanto ao limite a que se propõe para o comprimento médio dos cachos quanto à exportação, na variedade Itália, na região do São Francisco deve ter no mínimo 20 cm cacho⁻¹ (Souza Leão et al., 2004).

Já com relação aos rendimentos médios dos frutos (tabela 12), destacaram-se os tratamentos com o fertilizante químico nos níveis 100 % e 150 % da níveis recomendada para videira, apresentando respectivamente 18,7 e 21,6 t ha⁻¹; e o tratamento com o biofertilizante no maior nível da recomendação

para videiras irrigadas em PE, apresentando 15,2 t ha⁻¹; atendendo, portanto as estimativas médias citadas na literatura específica para a uva Itália no Vale do São Francisco, que é de 15,0 t ha⁻¹ safra⁻¹, segundo Faria et al., (2004a) e Silva & Correia (2000).

No tocante a avaliação das características físicas da uva nos tratamentos em que se utilizou o pó-de-rocha, em todos os níveis, e o biofertilizante nos níveis 50% e 100% da recomendação, percebe-se que os mesmos não atingiram o mínimo exigido na literatura para os critérios de exportação. Fato que é explicado por Botelho et al. (2006) e Palma (2007), ao afirmar que a redução no solo dos níveis adequados de potássio, e de fósforo segundo Da Porto (2007), afeta diretamente a produção, como também a qualidade da uva.

De acordo com Soares et al. (2004), Peacock (2005) e Miele & Rizon (2006) a produtividade das videiras estão relacionadas a adubação potássica, uma vez que a mesma contribui na fase de maturação, elevando os níveis de açúcares; como também corrobora no aumento do volume do fruto, no diâmetro e na produção (Delgado et al., 2004). Fato semelhante ocorreu, na pesquisa, nos dados apresentados na tabela 12, em função das diferentes fontes e níveis, na avaliação dos rendimentos dos frutos; onde as maiores médias predominaram nos tratamentos com o fertilizante químico em todos os níveis, e o biofertilizante no maior nível, os quais se destacaram por apresentarem níveis suficientes de nutrientes ao suprimento nutricional da videira, quando aplicados no solo.

5. CONCLUSÕES

Para as condições em que a pesquisa foi realizada, e de acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que:

1. O melhor fertilizante para o suprimento mineral de P e K, a videira da c.v. Itália, é à mistura dos fertilizantes químicos solúveis, Superfosfato simples e Sulfato de potássio, no nível considerado a 100 % da recomendação para videira irrigada do Estado de Pernambuco;
2. A mistura de biofertilizantes, fosfatados e potássicos, à base de pó-de-rocha acrescido de enxofre e inoculado com *Acidithiobacillus*, e corrigido com húmus na proporção 1:1; serve como fonte alternativa no aporte de nutrientes a videira da c.v. Itália, no nível considerado a 150 % da recomendação para a videira irrigada do Estado de Pernambuco;
3. A aplicação da mistura dos pós-de-rochas, fosfato natural de Gafsa e Biotita Xisto acidulados, não foi suficiente para suprir a necessidade nutricional da videira c.v. Itália.
4. O melhor local de aplicação para os fertilizantes fosfatados, é na distância horizontal entre 15 e 30 cm, a partir da base da planta no sentido dos bicos de gotejo da irrigação, a 20 cm de profundidade;
5. A melhor localização para aplicação do fertilizante potássicos, é na distância horizontal entre 75 e 90 cm, a partir da base da planta no sentido dos bicos de gotejo da irrigação, a 20 cm de profundidade.

6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIESSE, W.; VAN MENSVOORT, M.E.F.; Acid Sulfate in Soil: Distribution and Extent. **Encyclopedia of Soil science**. 2^{et}. v. 1, n.1, p.735-746, march. 2007.

AGEHARA, S.; WARNCKE, D.D. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.69, p.1844-1855, 2005.

BATES, T. R. The vegetative response the fertilizers of grapevines to soil pH. **Hortiscience**. Alexandria, v.52, n.3, p.650-663, April, 2005.

BATES, T. R. Improving wine grape production in acid soil with rootstocks and soil manangement . **Hortiscience** . v. 40, n.9, p.298-301, Feb, 2003.

BATES, T. Vineyard Nutrient Management. **The Lake Erie Grape Research** (Soil pH and Nutrient Availability of Macronutrient and Micronutrient;. Chart for Suggested Recommendations for Soil Tests, Petiole Values, and Common Fertilizers in NY & PA Vineyards). p.01-08, Out, 2001.

BAVARESCO, A. L.; PONI, S. Effect of Calcareous Soil on Photosynthesis Rate, Mineral Nutrition, and Source-Sink Ratio of Table Grape. **Journal of Plant Nutrition**. v. 26, n. 10, p.2123 – 2135, 2005.

BIASIOLI, G. M. **Influência do pH e da força iônica na liberação de fósforo de compostos do tipo Fe-K-P presentes em superfosfatos**. 2003. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.

BLOUIN, J.; GUIMBERTEAU, G. **Maturation et maturité des raisins**. Bordeaux: Féret, 2000. 151p.

BOLAN, N.S.; WHITE, R.E.; HEDLEY, M.J. A review of the use of phosphate rocks as fertilizers for direct application in Australia and New Zealand. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. Melbourne, v.30, p. 297–313. 1997.

BORTOLUZZI, E. C.; ANDREASSSE, K.M.; PIRES. P.L. Alterações na mineralogia de um argissolo do Rio Grande do Sul. Submetido a fertilização potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 29. p. 327-335, 2005.

BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. ; TERRA, M.M.; desenvolvimento de gemas férteis em videiras da c.v. Itália no Estado de São Paulo. **Bragantia**. Campinas. v. 65, n.2, p. 2997-302, 2006.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A. ; KAMINSKI, L.O. Aplicação de fertilizantes minerais em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p. 298-303, mar-abr, 2007.

BRUNETTO, G. **Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado em plantas de videira**. 2004. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

BUMB, B. L.; HAMMOND, L. L. Fertilizers: Mineral. **Encyclopedia of Soil science**. 2^{et}. v. 1, n. 1, p. 682-693, march. 2006.

CAMBARDELLA, C. A. Agregation and Organic Matter. **Encyclopedia of Soil science**. 2^{et}. v. 1, n. 1, p. 816-825, march. 2006.

CAMPÓRA, A. Situación del potasio em el mundo y sus perspectivas. **Fertilizantes y Enmiendas de Origen Mineral**. Buenos Aires, p. 261-283, 2003.

CARVALHO E.; CURVELO-GARCIA A.S. Aplicação dos ácidos L-tartárico, L-láctico e DLMálico na acidificação de mostos. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, v. 13, n.02, p. 61-73, 2007.

CASTILHOS, R.M.V.; MEURER, E.J. Cinética de liberação de potássio em Planossolo e Latossolo do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. Santa Maria. v. 31, p. 979-983, 2001.

CASTRO, L. N.; MELGAR, R. J. Rocas Fosfáticas. In. NIELSO, H.; SARUDIANSKY. In: JORNADA INTERNACIONALES DEL FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DEL ORIGEM MINERAL. .n 2, P. 01-237, 2005, Buenos Aires. **Proyecto Cyted n. 13**. Buenos Aires: Fertilizantes y Enmiendas, 2005.

CHAVES, A. P.; OBA, C.A.I. **Crítica ao modelo brasileiro de fertilizantes de alta solubilidade**. Rio de Janeiro, CETEM/MCT, 2004, 25 p. (Série Estudos e Documentos, 63).

CHOJNACKA, K.; JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. Bioavailability of heavy metals from poluted soils to plants. **Science of the Total Enviromental**. Amsterdam, v. 337, p. 175-182, 2005.

CHOUDHURY, M.M. Colheita, manuseio, pós-colheita e qualidade mercadologica de uvas de mesa. In: SOUZA LEÃO , P. C. de; SOARES, J. M. (Ed). **A viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 366 p. 2000.

CHOUDHURY, M.M. **Adubação verde e cobertura morta em áreas irrigadas do Sub Médio do São Francisco**: comportamento das espécies. Petrolina: EMBRAPA – CPATSA. Petrolina, 1999, p. 20. (Comunicado técnico)

CHRISTENSEN, P.; KEARNEY. U. C. Use of tissue analysis in viticulture. **Cooperative Extension Work in Agriculture the University of California**. n. 10, p. 01-09, Dez. 2000.

CORRÊA, J. I.; WALDRICH, K. M.; LAZZARI, M. F. **Vinhos**. Santa Catarina: UFSC, 2006. (Apostila do curso de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos), p. 01-40.

CORRÊA, R. M. et al. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. **Science Agricola**. Piracicaba: v. 62, n.2, Mar./Apr. 2005.

CURI, N. **Mineralogia e formas de potássio no solo**. Piracicaba: POTAFOS. Informações Agropecuárias, n. 107, 2004. (Boletim técnico)

CURVELO-GARCIA, A.S. Práticas enológicas internacionalmente reconhecidas. **Ciência e Técnica Vitivinícola**. v. 20, n. 02, p.105-130, 2005.

DA PORTO, C. Grappa and Grape Production: Critical Reviews in Biotechnology. **Journal of Plant Nutrition**. v. 29, n.2, p. 259-272, 2007.

DAVEY, B. G.; PENMAN, P.; WILLIA, G. A.E. Phosphate in irrigation – phosphate fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v. 2. n.5. p.35-43. Feb. 2006.

DELGADO, R.; MADRIC.V.; BERRIATOS,M. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilization rates. **Journal of the Science of Food and Agriculture** . p. 623-630 . Mar. 2004.

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Minerais potássicos no Brasil**. Recife, 2005a, 59 p. (Boletim de Informações técnicas)

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Minerais fosfatados**. Recife, 2005b. 73p. (Boletim de Informações técnicas)

Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Minerais no Estado de Pernambuco e no Brasil**. Recife, 2004. 38p. (Boletim de Informações técnicas)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Cartas de mapas de solos do Vale do São Francisco**. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/zapenet/cartas/santamariadaboavista.pdf>. 2001. Acesso em: 10 jul. 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, EMBRAPA (Comunicação para Transferência de Tecnologia). 1999, 370 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA, Ministério da Agricultura e Abastecimento, (Centro Nacional de Pesquisa de Solos) 1997, 212p.

FARIA , C.M.B.; SOARES, J. M. ; LEÃO, P. C. S. **Cultivo da videira** . Petrolina: EMBRAPA, Semi-árido, 2004a. 102 p.

FARIA, C.M.B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 28 p. 641-648, 2004b.

FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R. Resposta de culturas irrigadas a aplicação de fertilizantes minerais no Sub-Médio do São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.5 n.21, p.128-133, jun, 2001.

FERNANDES, H. M.; PIRES DO RIO, M. A.; FRANKLIN, M. R. **Impactos radiológicos da indústria do fosfato**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, 46 p. (Série Estudo e documentos, 56).

FONTES, M. P.; CAMARGO, O. A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Sciencia Agrícola**. Piracicaba,v.58, n.3, p.101-128, Julho/Setembro, 2001.

GERMIDA, J.J.; JANZEN, H.H. Factors affecting the oxidation of elemental sulfur in soils. **Fertilizer Research**. The Hague, v. 35, p. 101-114, 1993.

GOLYSHINA, O. V. TIMMIS, K. Ferroplasma and relatives: recently discovered cell wall-lacking archaea making a living in extremely acid heavy metal-rich environments. **Microbiology**. New York, v. 7, n. 9 , p.1277-1288. 2005.

HE, Z. L., ITTAOP.L.;STER,G. Factors affecting phosphate rock dissolution in acid soil amended with liming materials and cellulose. **Soil Science Society American Journal**. Madison. v. 60, p.1596-1601, 1996.

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 41-47, jan-fev, 2005.

HOROWITZ, N. MEURES, E.J.; ALEF, K. Eficiência Agronômica de Fosfatos Naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE O FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. São Pedro, 2003. (Resumo). **Potafos**, p.24. 2003.

HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais (Boletim de informações agronômicas). **Potafos**, n. 102, p. 01-40, junho, 2003.

IBATINI, B. Funzioni del minerale nella viticoltura moderna. **Rivista Di Viticoltura e di Enologia** , v.2, n. 3, p. 342 – 351. 2004

IPA. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife, Empresa pernambucana de pesquisa Agropecuária. 1998. 198p.

IWANOVE, J.; BARRIENTOS, M.; ECHEGARAY, D.B. Determination some heavy and toxic elements in plant certified reference materials by inductively coupled plasma mass spectrometry in berry the grape. **Spectrochimica Acta**. London, v 56, p. 03-12, 2006.

JACOBS, A. A Balanced approach to vine nutrition. Cooperative Research Centre for Viticulture. **Viticare News**. v .3, n. 11. p. 01-06. Nov. 2002.

KAMAS, J. **Grapevine Nutrition**. [S.L].Texas Cooperative Extension . p. 1- 4. Nov. 2007.

KLEIN, C.; HURBULT, C. S. **Manual of Mineralogy**. 21^{et}. Ed. New York: Jonh Wiley & Sons, 1999, 596 p.

KELLY, D. P.; WOOD, A.P. Reclassification of some species of Thiobacillus to the newly designated genera Acidithiobacillus gen. nov., Halothiobacillus gen. nov., and Thermithiobacillus gen. nov., **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 50 , p 511-516, 2000.

KELLY,D.P.; HARRISON, A. H. Genus Thiobacillus. In: STALEY, J. T. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. 9^{ed}. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1989. v. 3. p. 1842-1858.

KNOLL, M.; ACHLEITNER, D.; REDL, H. Response of micronutrients weight grapevine to application of fertilizers mineral Application of potassium: effects in leaf potassium. **Journal of Plant Nutrition** v. 29, n.10, p. 1805-1817, 2007.

LAMARÃO, C.N.; DALL'AGNOL, R. Química mineral de anfibólios e biotitas e condições de cristalização de granitóides paleoproterozóicos da Região de Vila Riozinho, província Aurífera do Tapajós, Cráton Amazônico. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v. 34, n. 1, p. 95-108, 2004.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; CASTRO, N. F.; SILVA, R. E. C. da. Recursos minerais e produção de fosfatos. In. NIELSO, H.; SARUDIANSKY. In: JORNADA INTERNACIONALES DEL FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DEL ORIGEM MINERAL.2., 2005, Buenos Aires, **Proyecto Cyted**, n. 13. cap. 3, p. 01-237. 2005.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; Fertilizantes fosfatados. In. NIELSO, H.; SARUDIANSKY. In: JORNADA INTERNACIONALES DEL FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DEL ORIGEM MINERAL.2., 2005, Buenos Aires, **Proyecto Cyted**, n. 13. cap. 4, p. 01-237. 2005a

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. O uso de fertilizantes fosfatados no Brasil . In. NIELSO, H.; SARUDIANSKY. In: JORNADA INTERNACIONALES DEL FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DEL ORIGEM MINERAL.2., 2005, Buenos Aires, **Proyecto Cyted**, n. 13. cap. 5, p. 01-237. 2005b

LAPIDO-LOUREIRO, F. E **Fertilizantes e sustentabilidade: o fósforo na agricultura brasileira**. Rio de janeiro: CETEM, 2004, p. 2-45 (Série e documentos n. 49).

LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; NASCIMENTO. M. **Importância e função dos fertilizantes potássicos numa agricultura sustentável.** Rio de Janeiro: CETEM, 2003, p. 3-75 (Série e documentos n. 53).

LIMA, R.C.M. **Eficiência agrônômica e poder residual de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em cultivos consecutivos com alface em solo do Cariri.** 2006, 60f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

LÉON, D. Nutrición mineral en vid de mesa. **Soquimich.** Chile, v. 1, n.6. p. 57-76. 2007.

LOMBARDI, A. T.; GARCIA JÚNIOR, O. Bioleaching of metals from anaerobic sewage sludge: effects of total solids, leaching microorganisms, and energy source. **Journal of Environmental Science and Health A.** Philadelphia, v. 36, n. 5, p. 793-806, 2001.

LOGAN, T. L. Use of fertilizers in developing label restrictions for agricultural chemical. **Advances in Soil Science.** New York, v. 18, p-26-48, 1999.

MACHADO, M. P.; BIASI, M.; RITTER, M.; RIBAS, L.F.L.; KOEHLER, H.S.; ZANETTE, K. Utilização de diferentes substratos e meios de cultura na micropapagação de porta enxerto de videira VR043-43 (*Vitis vinifera* x *Vitis rotundifolia*). **Ciência Rural.** v. 37, n. 1, jan-fev, 2007.

MADUREIRA FILHO, J. B.; ATENCIO, D.; McREATH, I. Minerais e rochas constituintes da rocha sólida. In: TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 568 p.

MANFROI, L.; MIELE, A.; RIZZON, L.A.; BARRADAS, C. I. N. ; Composição química do mosto da uva Carbenet Franc, conduzida no sistema de lira aberta. Lavras: **Ciência Agrotécnica.** v. 30, n. 4, p. 789-792, jul/ago, 2006.

MALAVOLTA, E. **Absorção, transpote e redistribuição de potássio na planta.** Piracicaba: POTAFOS. (Informações Agronômicas), n. 108, p. 01-16, 2004.

MANZATTO, C. M.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J. R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SOLOS, 2002, p. 31-45.

MASCARENHAS, R. de J. Características sensoriais de uvas finas de mesa cultivadas no vale do Submédio São Francisco. **Dissertação (Mestrado).** Universidade Federal de Pernambuco, 54f, 2004.

MELGAR, R. J; CASTRO, L. N. R Potasio. In. NIELSO, H.; In: JORNADA INTERNACIONALES DEL FERTILIZANTES Y ENMIENDAS DEL ORIGEM MINERAL.2., 2005, Buenos Aires, **Proyecto Cyted, n. 13.** cap. 3, p. 01-237. 2005.

MEURER, E. J. **Fundamentos da química do solo.** Porto Alegre: Gênese, 2000, 168 p.

MELO, G. W. **Adubação e manejo do solo para a cultura da videira.** Rio Grande do Sul: EMBRAPA-CNPUV, 2005, 56 p.

MIELE, A.; RIZON, L. A. Efeito de elevadas produtividades em vinhedos nas características físico-química sensoriais na uva de mesa cv. Itália. Santa Maria. **Ciência Rural.** v. 36, n.1, p. 271-278, jan-fev. 2006.

MIRA H.; LEITE P.; RICARDO-DA-SILVA J.; CURVELO-GARCIA A.S. Proteínas vegetais na colagem dos vinhos: influência nas características físico-químicas e sensoriais. in Actas do 6º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo. **Vino Analytica Scientia.** n. 6. v. 1. p. 61-73. 2004a.

MIRA H.; LEITE P.; RICARDO-DA-SILVA J.; CURVELO-GARCIA A.S. Resinas permutadoras de íons para estabilização tartárica de vinhos. **Enologia,** v. 43 n. 44, p. 15-24. 2004b.

MIRA H.; LEITE P.; RICARDO-DA-SILVA J.; CURVELO-GARCIA A.S. Evaluation the pH in stabilization the wine. Proceedings of Third Symposium In: **Vino Analytica Scientia.**, v. 2. n.8 p. 262-271. 2003.

MOURA, P.M. **Uso de biofertilizantes de rochas com enxofre e *Acidithiobacillus* em Argissolo acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão.** 2006, 73f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MOTTA, L.S.; SCHAFFRATH, V. R. ; SENA, J. O. A. de; CALDAS, R. G. Adubação do solo com cobertura verde em dois sistemas de manejo de videira rústica (*Vitis labrusca*). **Revista Brasileira de Agroecologia.** v. 2, n.1, fev, 2007.

MPELASOKA, B. S.; KELLER, L.M.; WANKER, O. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Society of Viticulture and Oenology.** Austrália, v.9, n. 3. p. 184-187 sep. 2003.

MOHAMMAD, E. A.; FALLAHI, E. Influence of Mineral Nutrients on Growth, Yield, Berry Quality and Leaf of Petiole Mineral Nutrients Concentrations of Table Grape. **Journal of Plant Nutrition.** Melborne, v. 30, n.3, p. 463-472, 2007.

NAOR, A.; NAGAOKA, R.; REYNOLDS, A. G. Shoot and Cluster thinning and vineyard yields on grape and wine quality of Sauvignon Blanc grapevine. **American Journal of Enology and Viticulture.** v. 127, n. 4, p.- 628-631, 2002.

NASCIMENTO, M. **Importância e função dos fertilizantes uma agricultura sustentável e competitiva.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT. p. 75, 2003. (Série Estudos e Documentos n. 53).

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **Fertilizantes e Sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 66 p., 2004. (Série Estudos e documentos n. 61).

NUNES, A. Estudo da desacidificação química em vinhos brancos da casta Fernão Pires da região do Ribatejo. Instituto Superior de Agronomia. **Enologia.** Lisboa, v. 35 n. 36, p. 262-280, 2003.

OBA, C.A.I. **Fabricação de um fertilizante organo-fosfatado**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004, 35 p. (Série de Estudos e Documentos n. 62).

OLIVEIRA, C de; ARAÚJO, A. P.; MAZUR, N. **Fundamentos da ciência do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Imprensa Universitária da Seropédica, 2002, 48p.

PALMA, J.F. M. Estratégias de Fertilización em Vid de Mesa: Diseños e Monitorización. **Soquimich**. Chile, v.1, n.3, p. 01-40, 2007.

PEACOCK, B. Rootstock. San Joaquin Valley Table Grape. **Cooperative Extension Work in Agriculture the University of California**. v. 2, n.1, p.01-04. Jan. 2005.

PERONI, R. **Mineralogia**: estudos dos minerais. Santa Catarina: Imprensa Universitária – UFRGS, 2003, 58 p.

PROCHNOW, L. I.; CHIEN, S. H.; CARMONA, G.; AUSTIN, E.R.; CORRENTE, J.E.; ALLEONI, L. R. F. Agronomic Effectiveness of Cationic Phosphate Impurities Present in Superphosphate Fertilizers as Affected by Soil pH. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 37, n. 13., p. 2057-2069, 2006.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C. Eficiência de fosfatos totalmente acidulados.(Boletim de Informações Agronômicas). **Potafos**, n. 102, junho, 2003.

PROCHNOW, L. I. **Eficiência Agronômica de fosfatos acidulados contendo compostos fosfáticos de ferro para arroz de sequeiro e arroz inundado**. 2001, 118 f, Tese (Doutorado em Livre Docência). ESALQ- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.Piracicaba.

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. (Boletim de informações agronômicas). **Potafos**, n. 102 junho/2003.

RANDHAWA, P.; CONDRON, L. M.; HONG-J. D. ; SOKRAT, S. ; McLENAGHEN, R. D. Phosphorus availability in soils amended with different phosphate fertilizers.

Communications in Soil Science and Plant Analysis. v. 38, n. 01., p. 25-37, 2007.

RAZETO, B. Nutrición Mineral de los Frutales Deficiências y Excessos. **Soquimich.** Chile, v.2, n.5, p. 32-60, 2007.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. BARRADA, C.I.N.. Must correction of the Isabel grape with different products in the Serra Gaúcha – RS, Brazil. **Ciência Rural.** Santa Maria, v. 35, n.2, p.450-454, mar-abr, 2005.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. BARRADA, C.I.N Avaliação da uva cv. Isabel para a elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v.20, n.1, p.115-121, 2003.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. BARRADA, C.I.N Evolução da acidez durante avinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do Rio Grande do Sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v. 18, n. 2, p. 149-156, 2000.

RIZZON, L. A.; MIELE. A. Avaliação da cv. Tannat para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, vol.24 n.2, Abr./Jun 2004.

RIZZON, L. A.; MIELE. A. Acidez na vinificação em tinto das uvas Isabel, Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc. **Ciência Rural.** Santa Maria, v.32, n.3, p.511-515, 2002 a.

RIZZON, L. A.; MIELE. A Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v. 22, n. 2, p. 192-198, maio-ago. 2002 b.

RIZZON, L. A.; MIELE. A Concentração de ácido tartárico e málico nos vinhos da Serra Gaúcha. **Ciência Rural.** Santa Maria, v.31, n.5, p. 893-895, 2001.

RIZZON, L. A.; MIELE. A. Efeito da relação das fases líquida e sólida da uvana composição química e na característica sensorial do vinho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, v.19, n.3, p.91-102, 2000.

ROBERTO, S. R. et al. Antecipação da maturação da uva Rubi produzida fora de época no noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. v.24, n. 3, . p. 780-782. Dez, 2002.

ROBINSON, B.A.; FORSTER, J.C.L. Fruits, grapes, must and vines. **Journal the Plant and Soil**. v.3 n.6. p. 120-131, 2006.

ROHWERDER, T. ; SAND, W. The sulfane sulfur of persulfides is the actual substrate of the sulfur-oxidizing enzymes from *Acidithiobacillus* and *Acidiphilium* sp. **Microbiology**. Great Britain, n. 149, p. 1699–1709, 2003.

ROSSLYN, M.B.; CIANI, M.; WALKER, G.M. Magnesium, Calcium and Fermentative Metabolism in Must and Wine Yeasts. **Journal of Wine Research**. v. 14, n. 1, p.-03-14, feb. 2007.

RUBERTI, E.; SZABÓ, G. A. J.; MACHADO, R. Rochas metamórficas. In. TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 568 p.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ-ANDREU, J.; JUÁREZ, M. ; JORDÁ, J. ; BERMÚDEZ, D. Improvement of micronutrients uptake in table grape by addition of humic substances. **Journal of Plant Nutrition**. v. 29, n.2, p. 259-272, 2007.

SALEQUE, M. A.; KIRK, G. J. D. Root-induced solubilization of phosphate in rhizosphere of lowland rice. **New Phytologist**. Cambridge, v. 129, p. 325-336, 1995.

SANTOS QUISPE, J. F. **Eficiência agronômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos quanto a capacidade de fixação de fósforo**. 2004, 57 f. Dissertação (Mestrado) –Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. São Paulo.

SCHULZE, D. G. An Introduction to soil mineralogy. Pardue: Weste Lafayette. **Journal the University the Pardue**. p. 01-33. 2000.

SILVA, P. C. G. da; CORREIA, R. C. Caracterização social e econômica da videira. In: SOUZA LEÃO, P. C. de S.; SOARES. **A Viticultura no Semi-Árido Brasileiro**. Petrolina, Embrapa-Semi-árido, 2000, p.366.

SOARES, J. M.; FARIA, T.P.; SOUZA LEÃO, P. S. **Características edafoclimáticas do vale do São Francisco** Petrolina, Embrapa-Semi-Árido, 2004. p. 8-32.

SOLOMONS, T. W. G. **Química orgânica**. 6 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1991. 436 p.

SOUZA, R.; CAMARGO, F. A. O.; CARVALHO, L. Solos Alagados. In: MEURER, E. J. **Fundamentos da química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 168 p. 2000, cap. 7, p. 127-149.

SOUZA LEÃO, P. C. de S; SOARES, J. M.; FARIA, T.P. **Uva de mesa produção (Aspectos técnicos)**. Petrolina: Embrapa, Semi-árido, 2004, p.128. (Frutas do Brasil n.13).

SOUZA LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M.; FARIA, T.P. **Comportamento das variedades de uva sem sementes Crimson Seedles e Fantasy Seedless no Submédio do São Francisco**. Petrolina: Embrapa - Semi-árido, p. 02-19, 2001. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento n. 56).

SOUZA LEÃO, P. C. de S.; SOARES, J. M. **A viticultura no Semi-Árido Brasileiro** – Petrolina: Embrapa - Semi- Árido, 2000, p. 366.

STAMFORD, N.P.; SANTOS, P.R.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.D.S.; DIAS, S.H.L., LIRA JUNIOR, M.A. Agronomic effectiveness of biofertilizers with phosphate rock, sulphur and Acidithiobacillus, for yam bean grown on a Brazilian tableland acidic soil. **Bioresource Technology**. Essex, v.98, p.1311-1318, 2007.

STAMFORD, N P.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.D.S.; LIMA. R. Rock biofertilizers with Acidithiobacillus on sugarcane yield and nutrient uptake in a Brazilian soil. **Geomicrobiology Journal**. v.23, n.5, p.261-265, 2006.

STAMFORD, N. P.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.D.S.; MOURA, A. Effects of natural phosphate, sulfur and Acidithiobacillus in Brazilian acid soil grow with yam bean (Pachyrhizus erosus). **Scientia Agricola** . Piracicaba, v. 56, p.54-61, 2003.

STAMFORD, N. P.; SANTOS, C.E.R.S.; FREITAS, A.D.S., Effects of sulfur inoculated with Thiobacillus in saline soil grow with Leucaena and Mimosa tree legumes. **Bioresource Technology**. Essex, v. 81, p. 53-59. 2002.

STUKI, J. W. Soil mineralogy In: SUMNER, M. E. **Handbook of Soil Science**. New York: CRC PRESS, p. 01-180, 1999.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher. 2003, p.11-22.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, planta e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

VAN STRAATEN, P. **Rocks for crops: Agrominerals of Sub-Sahara África**. Nairobi: ICRAF, 2002, 338p.

VIANA, R. D. **Otimização de métodos de digestão de amostras de tecido vegetal em sistema fechado utilizando planejamento fatorial e matriz Doehlert**. 2005, 112 f. Dissertação (Mestrado).UFS – Universidade Federal de São Cristóvão (Núcleo de Pós-Graduação e Pesquisa em Química). Sergipe.

VIDAL, A. Fertilización mineral: alternativas en vid de mesa. **Soquimich**. Chile. v. 2. n.7. p. 01-29. 2007.

VILLAR, L. D. **Estudo da lixiviação bacteriana de metais presentes em lodo de esgoto sanitário**. 2003, 126 f. Tese (Doutorado). UNESP – Universidade Estadual Paulista. Araraquara.

XAVIER, R. P. **Silicatos com redes contínuas tridimensionais de tetraedros (Si, Al)O₄ em suas estruturas cristalinas.** Campinas. UNICAMP, 2001, 68 p. Apostila de mineralogia.

ZAPATA, F.; ROY, R. N. **Use of phosphate rocks for sustainable agriculture.** Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of the United States). Bulletin 13, 2004.

ZAPATA, F. Utilization the rocks to improve soil status for sustainable crop production in acid soils. Special issue. **Nutrient Cycling in Agroecosystems.** Dordrecht, v. 63, n. 1, p. 1–98, 2002.