



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Betões

Proc. 0202/008/14994

**AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS
INTERLABORATORIAIS DE CIMENTOS REALIZADOS
DE 2005 A 2010 COM O CEMENT AND CONCRETE
REFERENCE LABORATORY (USA)**

Lisboa • Outubro de 2010

I&D MATERIAIS

RELATÓRIO 369/2010 – NB

**AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS INTERLABORATORIAIS DE CIMENTOS
REALIZADOS DE 2005 A 2010 COM O CEMENT AND CONCRETE REFERENCE
LABORATORY (USA)**

RESUMO

Neste relatório apresentam-se as classificações obtidas nos Ensaio Interlaboratoriais de Cimentos realizados no Laboratório de Química, do Núcleo de Betões no período de 2005 a 2010. Estes ensaios foram coordenados pelo Cement and Concrete Reference Laboratory dos Estados Unidos da América.

Com base nas classificações médias, para o período 2005 – 2010, o Laboratório de Química do Núcleo de Betões obteve em 94% dos ensaios as classificações máximas de 4 e 5.

SUMMARY

This report presents the ratings obtained by the Chemical Laboratory of the Concrete Division during the period of 2005 to 2010 on the Proficiency Samples Program on Portland Cement. This Program was coordinated by the Cement and Concrete Reference Laboratory of the United States of America.

Based on the average scores, for the above period, the Chemical Laboratory of the Concrete Division obtained on 94% of the trials, the highest ratings of 4 and 5.

There are lies, damn lies, and statistics.....

(Anon.)

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1 – Introdução | 1 |
| 2 – Tratamento dos Resultados pelo CCRL | 1 |
| 3 – Amostras e Métodos de Ensaio | 4 |
| 4 – Avaliação do Desempenho do Laboratório de Química | 5 |
| 4.1 – Classificações dos Ensaios Químicos | 5 |
| 4.2 – Classificações da Composição Potencial das Fases do Cimento | 14 |
| 4.3 – Classificações Médias dos Ensaios Químicos | 15 |
| 5 – Conclusões | 16 |
| 6 – Bibliografia | 17 |
| | |
| ANEXO I | |
| Relatório da CCRL 2º Semestre de 2010 - Amostras 177 - 178 | 19 |
| | |
| ANEXO II | |
| Classificações do Laboratório Químico (LNEC) | 47 |

ÍNDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Fig. 1 - Parâmetros \underline{a} e \underline{b} segundo Crandall and Blaine (1959) | 3 |
| Fig.2 – Classificações para o ensaio químico da sílica | 5 |
| Fig.3 – Classificações das amostras para o ensaio químico da alumina | 6 |
| Fig.4 – Classificações para o ensaio químico do ferro | 6 |
| Fig.5 – Classificações para o ensaio químico do cálcio | 7 |
| Fig.6 – Classificações para o ensaio químico do magnésio | 7 |
| Fig.7 – Classificações para o ensaio químico da perda de massa | 8 |
| Fig.8 – Classificações para o ensaio químico dos sulfatos | 8 |
| Fig.9 – Classificações para o ensaio químico do potássio | 9 |
| Fig.10 – Classificações para o ensaio químico do sódio | 9 |
| Fig.11 – Classificações para o ensaio químico do titânio | 10 |
| Fig.12 – Classificações para o ensaio químico do fósforo | 10 |
| Fig.13 – Classificações para o ensaio químico do manganés | 11 |
| Fig.14 – Classificações para o ensaio químico do crómio | 11 |
| Fig.15 – Classificações para o ensaio químico de zinco | 12 |
| Fig.16 – Classificações para o ensaio químico de cloretos | 12 |
| Fig.17 – Classificações para o ensaio químico de resíduo insolúvel | 13 |
| Fig.18 – Classificações para o ensaio químico de cal livre | 13 |
| Fig.19 – Classificações para o ensaio químico do aluminato tricálcico | 14 |
| Fig.20 – Classificações para o ensaio químico do aluminoferrato de cálcio | 14 |
| Fig.21 – Classificações para o ensaio químico do silicato tricálcico | 15 |
| Fig.22 – Classificações para o ensaio químico do silicato bicálcico | 15 |

ÍNDICE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Classificações de Youden e do CCRL | 3 |
| Quadro 2 – Identificação das amostras | 4 |
| Quadro 3 – Classificações médias | 16 |

AVALIAÇÃO DOS ENSAIOS INTERLABORATORIAIS DE CIMENTOS REALIZADOS DE 2005 A 2010 COM O CEMENT AND CONCRETE REFERENCE LABORATORY (USA)

1 – INTRODUÇÃO

Neste relatório apresentam-se as classificações obtidas nos Ensaio Interlaboratoriais de Cimentos realizados pelo Laboratório de Química do Núcleo de Betões de 2005 a 2010 e que foram coordenados pelo "Cement and Concrete Reference Laboratory" (CCRL) dos Estados Unidos da América. Este laboratório americano apoia, desde 1957, o sistema normativo americano (ASTM), e tem por objecto promover a qualidade dos ensaios dos materiais de construção através das avaliações dos ensaios interlaboratoriais.

Alguns dos ensaios interlaboratoriais realizados pelo Laboratório de Química são ensaios acreditados pelo que esta participação corresponde também a um controle de qualidade externo da área de ensaios químicos do laboratório acreditado LABTEC (Laboratório de Ensaio de Betão e Cimentos) que é apreciado durante as auditorias realizadas pelo Instituto Português de Acreditação.

2 – TRATAMENTO DOS RESULTADOS PELO CCRL

Os Ensaio Interlaboratoriais de Cimentos coordenados pelo CCRL têm a particularidade de serem realizados em duas amostras de cimento. Estas amostras são provenientes dos Estados Unidos e são recebidas semestralmente. As duas amostras são analisadas em simultâneo no laboratório e os resultados enviados para o CCRL.

A fundamentação teórica para a prática de análise de duas amostras em simultâneo foi dada em 1959 por Youden. Este autor considera que poucas conclusões se podem tirar dum programa de ensaios interlaboratoriais onde apenas é analisada uma amostra de cimento, uma vez que, cada laboratório tem associado aos seus resultados um erro sistemático e um erro aleatório e sendo os erros aleatórios provenientes de diferentes distribuições normais a análise conjunta de todos os laboratórios torna-se bastante complexa. No entanto, se duas amostras do mesmo tipo de cimento forem analisadas em simultâneo, a análise dos resultados dos ensaios interlaboratoriais simplifica-se,

uma vez que se admite que cada laboratório apresenta o mesmo erro sistemático nas duas amostras e que as diferenças de precisão dos laboratórios são desprezáveis.

Segundo o mesmo autor, se para cada ensaio se colocar num sistema de eixos ortogonais XY, os resultados das duas amostras dum laboratório estes definem um ponto o qual representa o desempenho desse laboratório. No conjunto de pontos de todos os laboratórios é traçada uma linha horizontal de modo a que metade dos pontos fique acima e metade fique abaixo dessa linha, e uma linha vertical de modo a que metade dos pontos fique para a esquerda e a outra metade fique para a direita ficando assim definidos 4 quadrantes, ++, +-, -+ e --. O quadrante superior direito corresponde à região onde os pontos representam os laboratórios com resultados superiores à mediana de ambas as amostras e o quadrante inferior esquerdo representam laboratórios com resultados inferiores à mediana de ambas as amostras. Os dois outros quadrantes correspondem também a resultados superiores e inferiores à mediana dependendo apenas da maneira como estes podem acontecer.

Se apenas existirem erros aleatórios, os pontos distribuem-se de modo idêntico pelos 4 quadrantes, uma vez que são igualmente prováveis, tanto os desvios positivos como os desvios negativos. Quando existem erros sistemáticos, os pontos distribuem-se pelo quadrante superior direito e pelo quadrante inferior esquerdo.

Na ausência de erros sistemáticos, os pontos distribuem-se segundo uma forma circular compacta, à volta do ponto de intercepção dos eixos XY. Os erros sistemáticos, de diferentes grandezas, positivos ou negativos, deslocam os pontos desse círculo, segundo uma linha a 45° que passa pela intercepção dos eixos XY. Na prática, todos os pontos dão uma distribuição geralmente elíptica ao longo dessa linha a 45°, sendo o grau de excentricidade também informativo pois quanto mais alongada for a elipse mais vulnerável é o ensaio a interpretações individuais do operador ou a modificações do método de ensaio.

Crandall J. R. e Blaine R.L. (1959) com base nesta representação gráfica de Youden, definiram o parâmetro **a** como a medida dos erros aleatórios e o parâmetro **b** como a medida dos erros sistemáticos (Figura 1). Estes autores apresentam um valor médio de **b/a** para os ensaios químicos de cimentos igual a 2,27 e para os ensaios físicos de cimentos igual a 2,01.

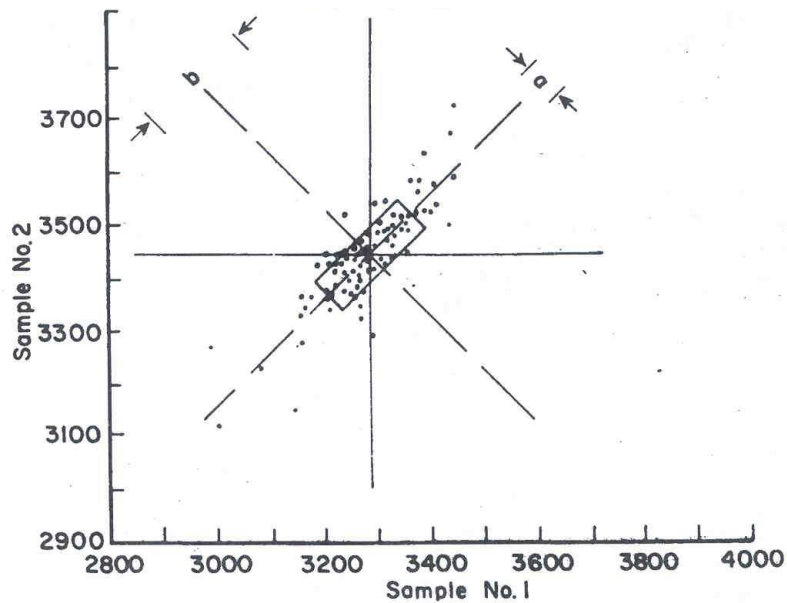


Fig. 1 - Parâmetros \underline{a} e \underline{b} segundo Crandall and Blaine (1959)

Para fazer uma apreciação expedita dos resultados dos ensaios dos vários laboratórios, Youden estabeleceu uma classificação numérica baseada no desvio padrão atribuindo-lhe valores de zero a quatro. O CCRL adoptou este mesmo critério mas com valores de zero a cinco conforme indicado no quadro 1.

Quadro 1 - Classificações de Youden e do CCRL

| Youden Classificação | Desvio padrão | CCRL Classificação | Desvio padrão |
|-------------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| 4 | 0 a 1 | 5 | 0 a 1 |
| 3 | 1 a 1,5 | 4 | 1 a 1,5 |
| 2 | 1,5 a 2 | 3 | 1,5 a 2 |
| 1 | 2 a 2,5 | 2 | 2 a 2,5 |
| 0 | >2,5 | 1 | 2,5 a 3 |
| | | 0 | ≥ 3 |

Esta classificação, em conjunto com os diagramas dos ensaios permite, aos laboratórios avaliarem o seu desempenho e tomarem as acções consideradas mais adequadas no seu controle de qualidade. Segundo Youden uma classificação baixa

(inferior ou igual a 1) só é preocupante se o laboratório mantiver essa tendência ao longo do tempo devendo o laboratório analisar as causas que podem estar na sua origem.

3 – AMOSTRAS E MÉTODOS DE ENSAIO

Durante o período de 2005 a 2010 foram enviadas pelo CCRL 22 amostras de cimento as quais se identificam no quadro 2.

Quadro 2 – Identificação das amostras

| Identificação das amostras na CCRL | Identificação das amostras no LNEC | Ano | Identificação das amostras na CCRL | Identificação das amostras no LNEC | Ano |
|------------------------------------|------------------------------------|------|------------------------------------|------------------------------------|------|
| 155 | 1 | 2005 | 168 | 12 | 2008 |
| 156 | 2 | 2006 | 169 | 13 | |
| 159 | 3 | | 170 | 14 | |
| 160 | 4 | | 171 | 15 | |
| 161 | 5 | | 172 | 16 | 2009 |
| 162 | 6 | 173 | 17 | | |
| 163 | 7 | 2007 | 174 | 18 | 2010 |
| 164 | 8 | | 175 | 19 | |
| 165 | 9 | | 176 | 20 | |
| 166 | 10 | 2008 | 177 | 21 | |
| 167 | 11 | | 178 | 22 | |

Na análise química das amostras de cimento foram efectuados os seguintes ensaios ou determinações: sílica, alumina, ferro, cálcio, magnésio, sulfatos, perda ao rubro, sódio, potássio, titânio, fósforo, zinco, manganês, crómio, cloretos, resíduo insolúvel e cal livre. Para os elementos maiores - sílica, alumina, ferro, cálcio, magnésio - ensaios acreditados - sulfatos, perda ao rubro, sódio, potássio, cloretos, resíduo insolúvel - o laboratório seguiu a norma NP EN 196-2 Métodos de ensaios de cimentos – Análise química dos cimentos. Para os elementos menores - titânio, fósforo, zinco, manganês e crómio - foi utilizada a espectrometria de fluorescência de raios X pelo método da pastilha, tendo sido utilizado um espectrómetro AXIOS. A cal livre foi efectuada de acordo com a norma ASTM C114 – Standard test methods for chemical analysis of hydraulic cement: Section 27.2.

4 – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO LABORATÓRIO DE QUÍMICA

No anexo I apresenta-se o último relatório enviado pelo CCRL correspondente às amostras 177 e 178 do segundo semestre de 2010, com os diagramas de todos os ensaios e no anexo II apresentam-se as tabelas com as classificações atribuídas pelo CCRL nas amostras analisadas de 2005 a 2010.

A seguir apresentam-se os gráficos com as classificações atribuídas pelo CCRL nos ensaios realizados no laboratório de química, nas amostras de cimento, de 2005 a 2010.

4.1 – Classificações dos Ensaios Químicos

A determinação da sílica (SiO_2) apresenta muito bons resultados ao longo dos anos sempre com a classificação máxima de 5.

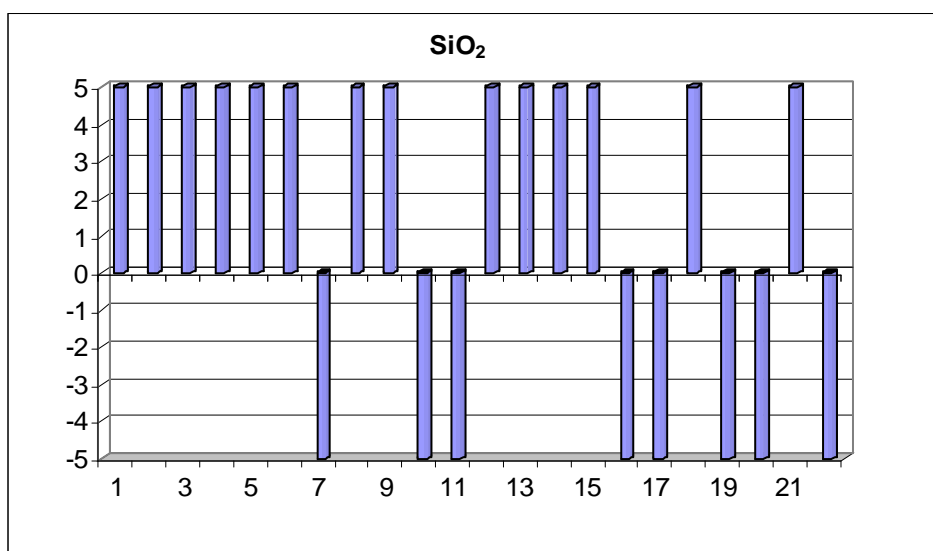


Fig.2 – Classificações das amostras para o ensaio químico da sílica

Na determinação da alumina (Al_2O_3) as classificações variaram entre 5 e 3 tendo ocorrido uma classificação de 2 na amostra 17. O método utilizado é o volumétrico por complexometria com EDTA que é sujeito a interferências de outros iões tais como o titânio e o manganês conduzindo por vezes a dificuldades na visualização do ponto final da titulação. Como correção definiu-se que sempre que haja esta dificuldade deverá sempre comparar-se o resultado obtido por complexometria com o resultado obtido por Espectrofotometria de Fluorescência de Raios X. Esta correção permitiu obter nas amostras seguintes uma classificação de 4 e 5.

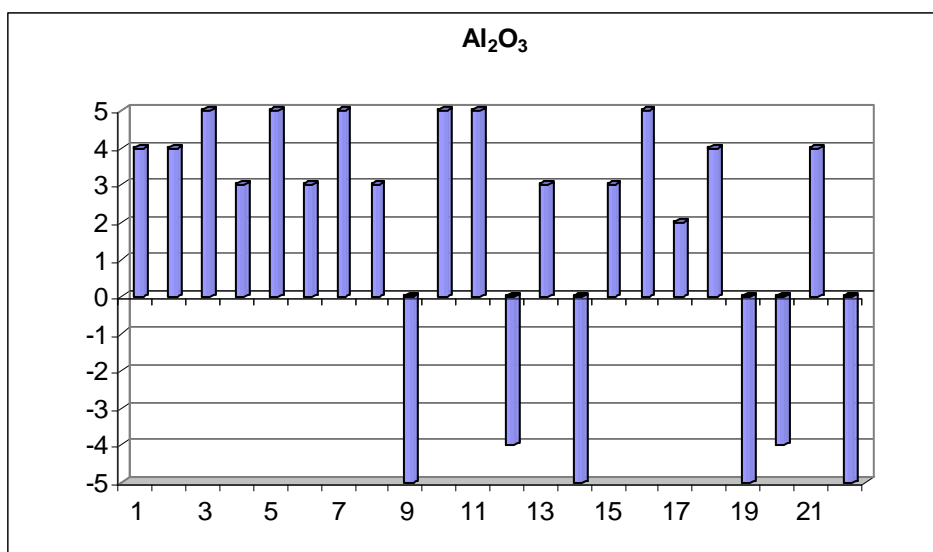


Fig.3 – Classificações das amostras para o ensaio químico da alumina

Na determinação do ferro (Fe_2O_3) obtiveram-se em geral bons resultados, com um resultado anómalo na amostra 11 com classificação nula, e na amostra 18 com classificação de 2. O método utilizado é o volumétrico por complexometria com o EDTA e nesta titulação um factor importante é a velocidade a que deve ser feita a titulação a qual deve ser muito lenta para se poder observar correctamente o ponto de viragem. Esta correcção foi introduzida. Verifica-se ainda que a partir da amostra 12 os resultados encontram-se sempre no quadrante inferior esquerdo pelo que deverá ser observada a também a causa desta tendência.

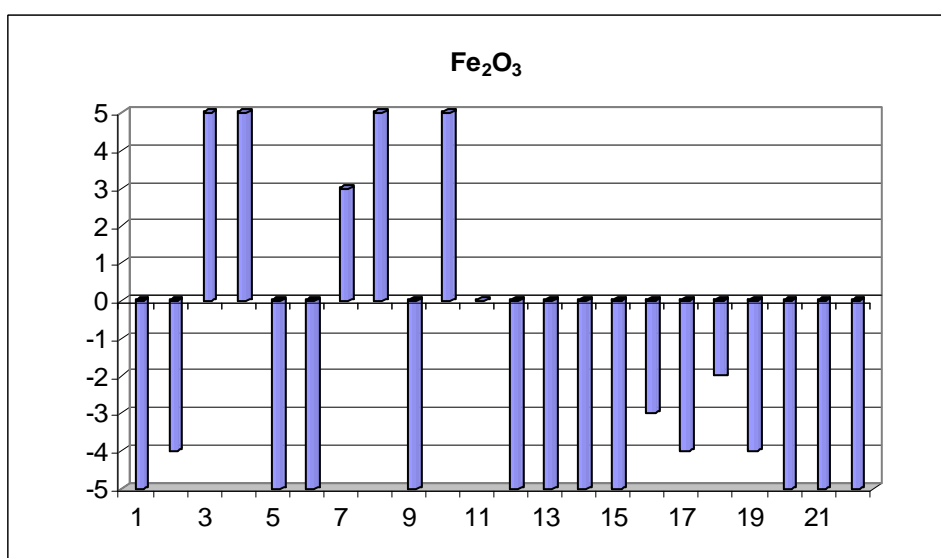


Fig.4 – Classificações das amostras para o ensaio químico do ferro

O cálcio (CaO) apresenta resultados muito bons com classificação maioritariamente de 5.

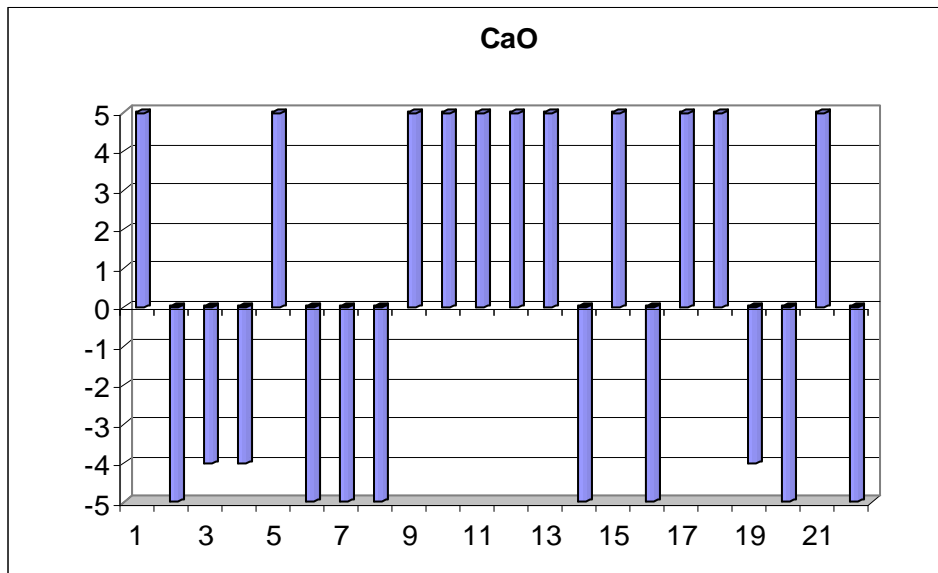


Fig.5 – Classificações das amostras para o ensaio químico do cálcio

O magnésio (MgO) apresentou resultados anómalos nas amostras 1 e 3, com classificação 1 e nula respectivamente. A alteração introduzida foi a substituição da solução titulante de EDTA pela solução de DCTA, onde o ponto final da titulação é bem definido, obtendo-se deste modo melhores classificações (3, 4 e 5).

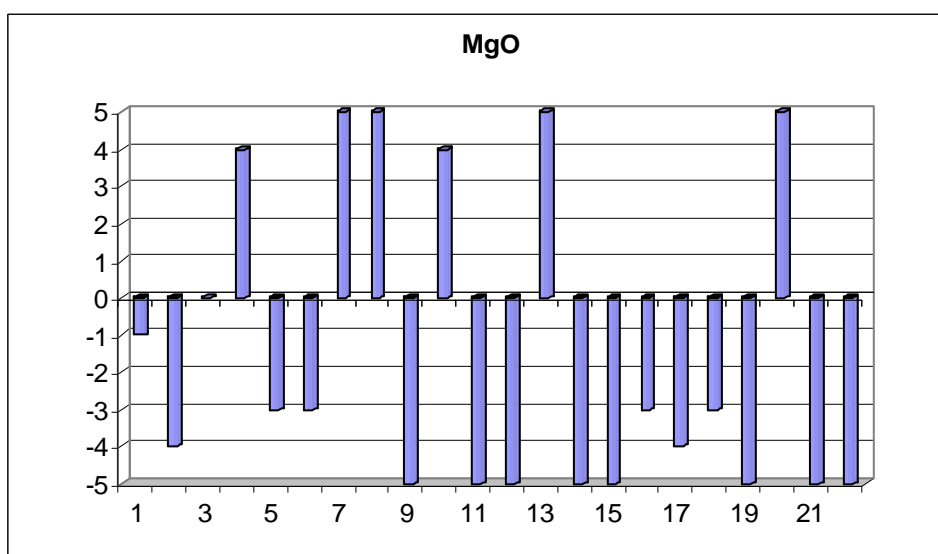


Fig.6 – Classificações das amostras para o ensaio químico do magnésio

Os resultados da perda de massa a 950°C são muito bons, com classificações maioritariamente de 4 e 5, verificando-se uma tendência do laboratório para resultados situados no quadrante inferior esquerdo o que indica bons resultados, no entanto, o facto dos resultados se situarem maioritariamente naquele quadrante deverá ser analisada.

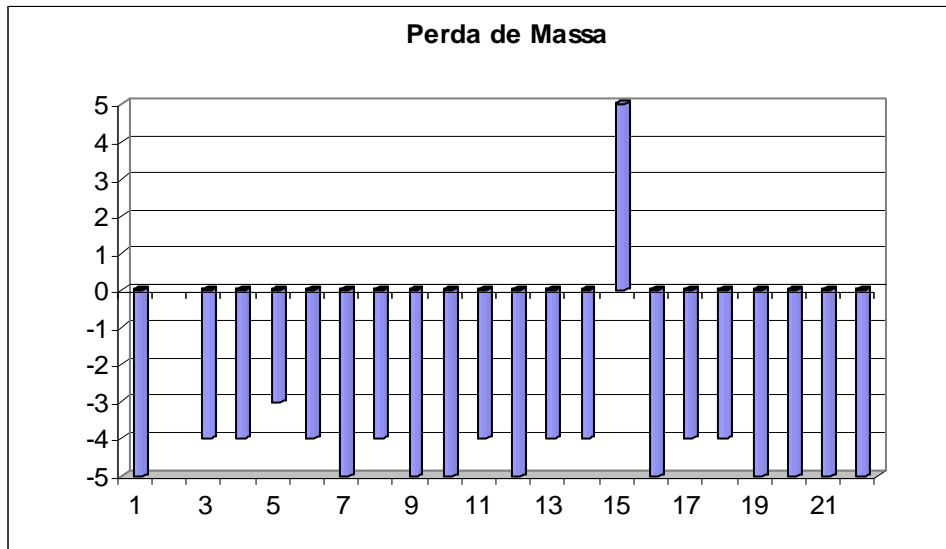


Fig.7 – Classificações das amostras para o ensaio químico da perda de massa

Na determinação dos sulfatos (SO_3) obtêm-se resultados muito bons sempre com classificação de 5.

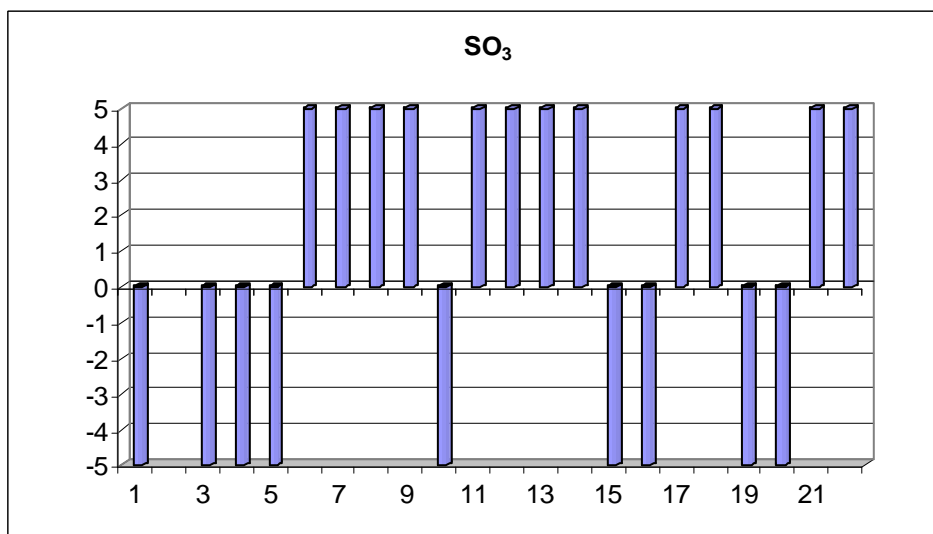


Fig.8 – Classificações das amostras para o ensaio químico dos sulfatos

A determinação do potássio (K_2O) tem dado origem a classificações inferiores ou iguais a 2 (amostras 3, 6, 7, 8, 16, 17, 18 e 19). A causa foi identificada e devia-se à fraca linearidade de resposta do fotómetro de chama. Optou-se por corrigir os resultados das amostras de acordo com o desvio observado na amostra de cimento padrão de valor conhecido que é sempre analisada em conjunto com as amostras.

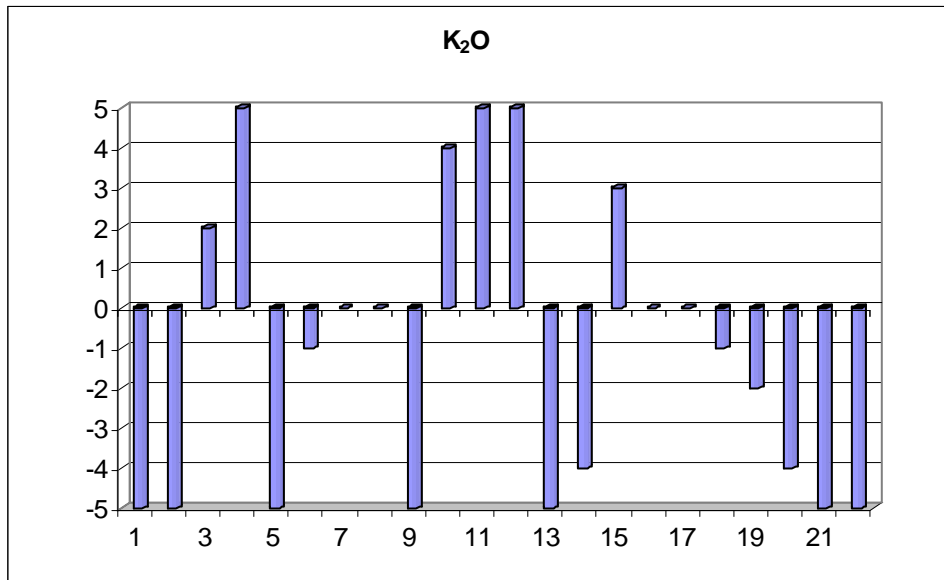


Fig.9 – Classificações das amostras para o ensaio químico do potássio

A determinação do sódio (Na_2O) tem sempre resultados muito bons com classificação de 5 com tendência para os resultados se situarem maioritariamente no quadrante superior direito.

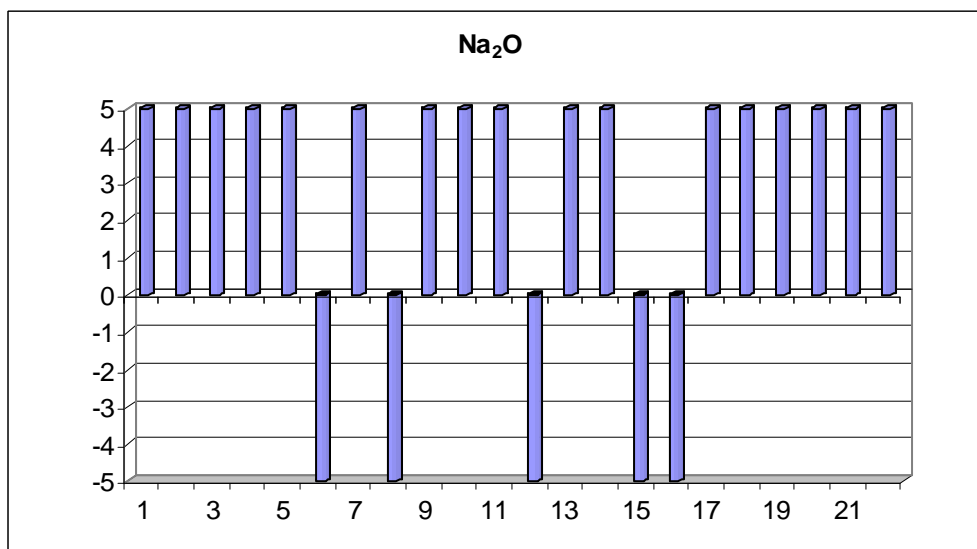


Fig.10 – Classificações das amostras para o ensaio químico do sódio

Na determinação do titânio (TiO_2) obtiveram-se bons resultados com classificações maioritariamente igual a 5. Apenas a amostra 4 com classificação nula.

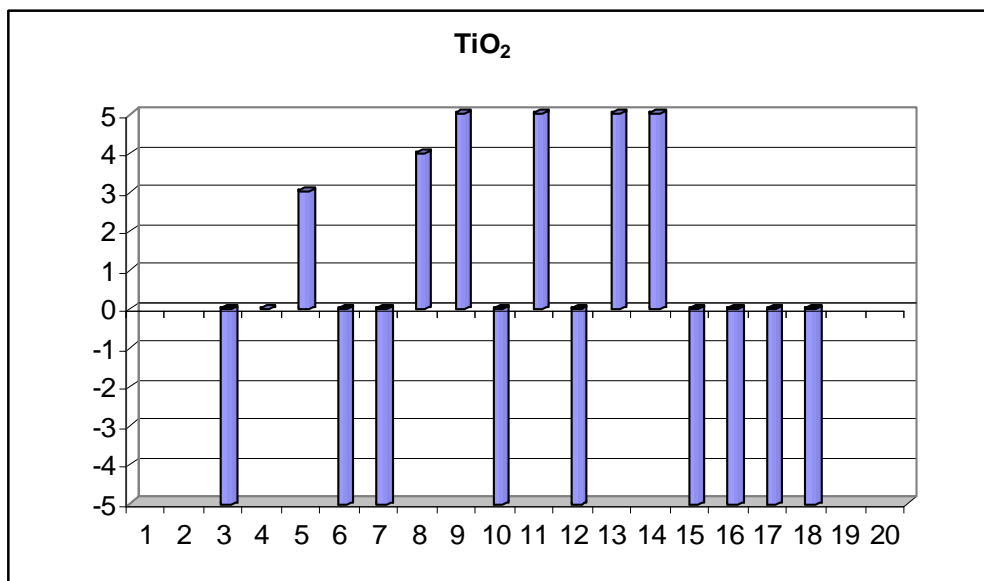


Fig.11 – Classificações das amostras para o ensaio químico do titânio

Na determinação do fósforo (P_2O_5) os resultados foram bons com classificações de 3, 4 e 5.

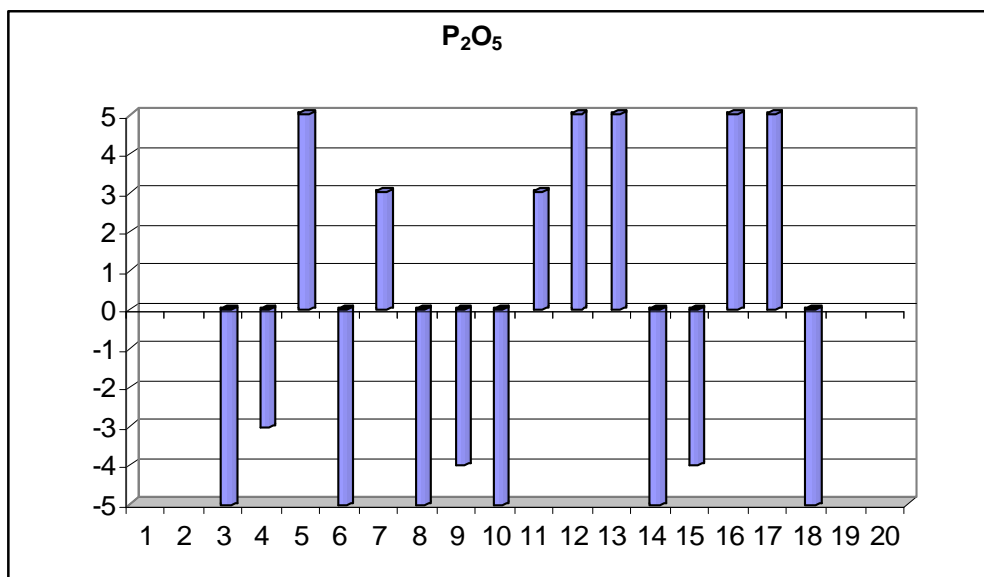


Fig.12 – Classificações das amostras para o ensaio químico do fósforo

Na determinação do manganês (Mn_2O_3) os resultados foram muito bons com classificação de 5, com excepção da amostra 4 com classificação nula. (Na amostra 4 o

valor obtido no laboratório foi de 0,118% e o resultado de todos os laboratórios igual a $0,110 \pm 0,0025 \%$).

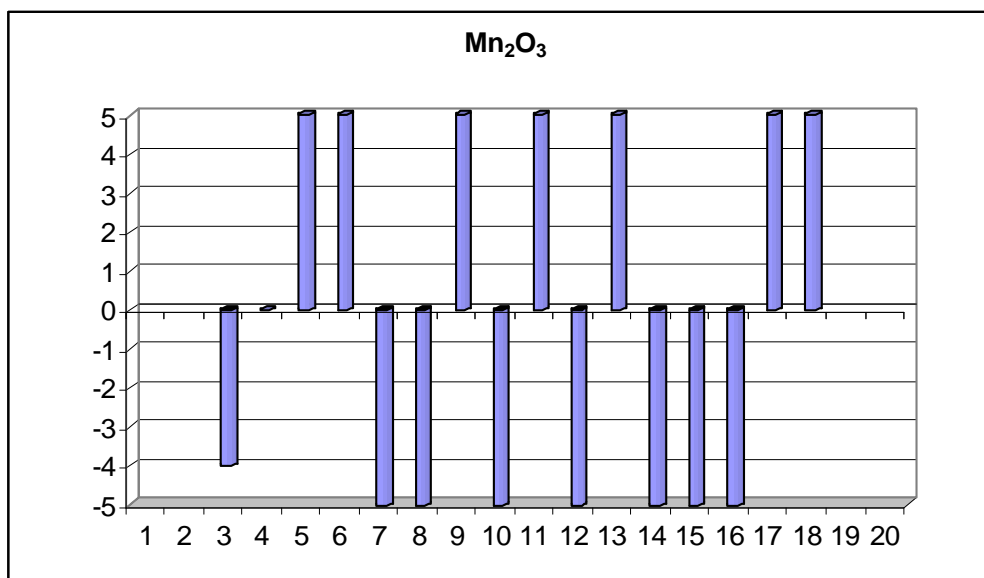


Fig.13 – Classificações das amostras para o ensaio químico do manganés

Na determinação do crómio (Cr_2O_3) os resultados foram muito bons com classificação de 5.

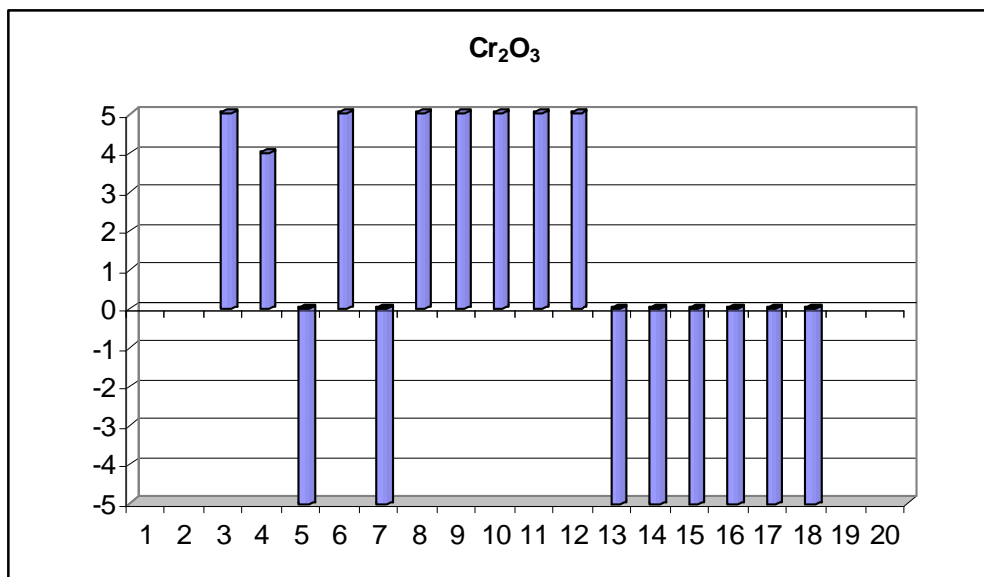


Fig.14 – Classificações das amostras para o ensaio químico do crómio

Na determinação do zinco (ZnO) obtiveram-se também resultados muito bons com classificação igual a 5

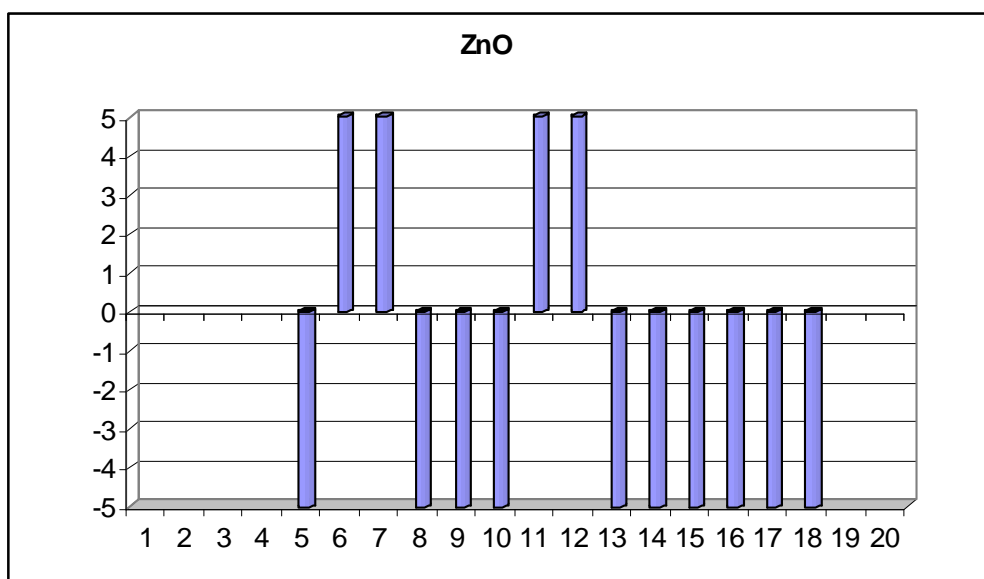


Fig.15 – Classificações das amostras para o ensaio químico de zinco

Na determinação dos cloretos (Cl^-) os resultados foram muito bons com classificação igual a 5.

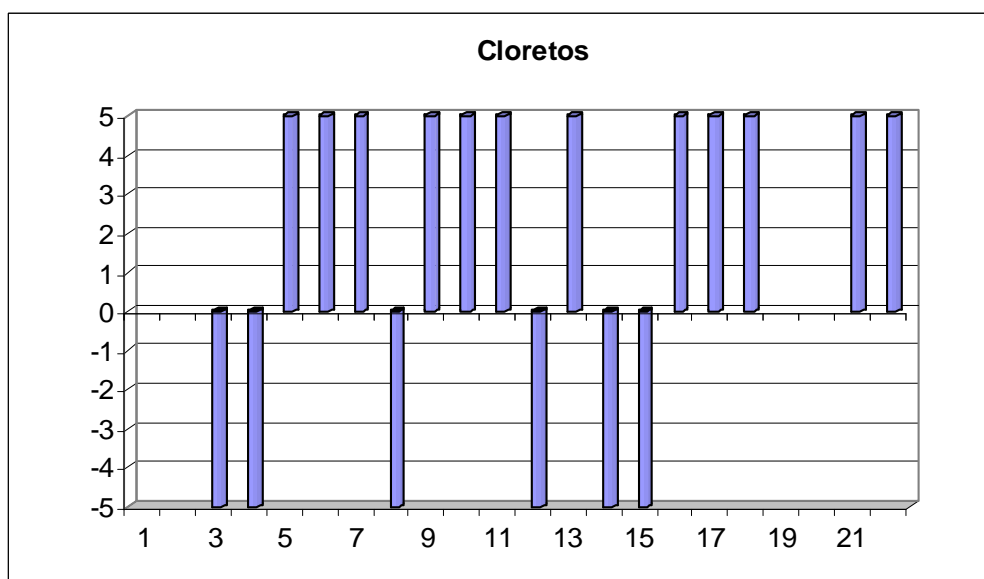


Fig.16 – Classificações das amostras para o ensaio químico de cloretos

Na determinação do resíduo insolúvel obteve-se um resultado anômalo na amostra 14, com classificação de 2, no entanto, as amostras seguintes apresentam todas classificação igual a 5 mas com tendência para se situarem no mesmo quadrante.

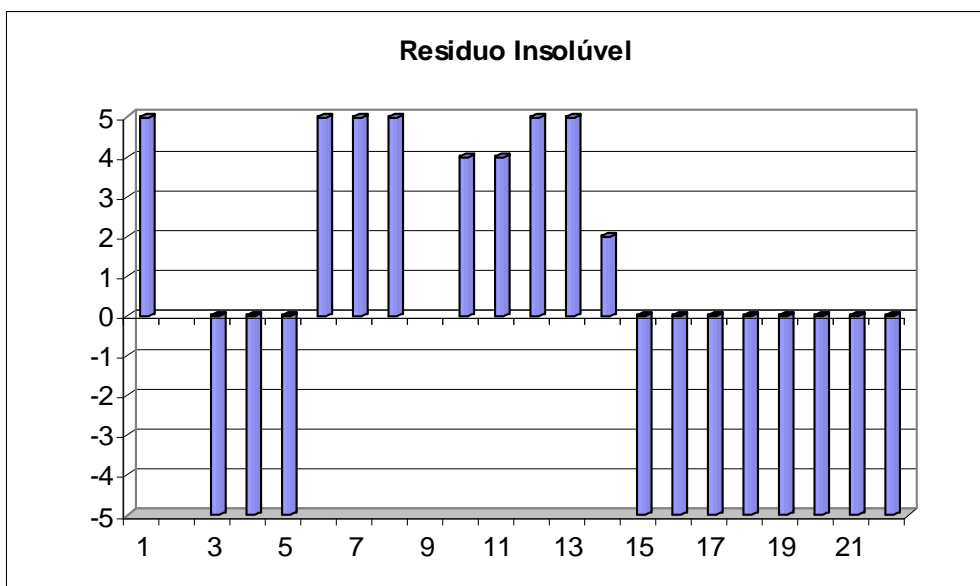


Fig.17 – Classificações das amostras para o ensaio químico de resíduo insolúvel

Na determinação da cal livre as amostras 11 e 12 apresentam classificação de 2, tendo as últimas quatro amostras classificação de 5.

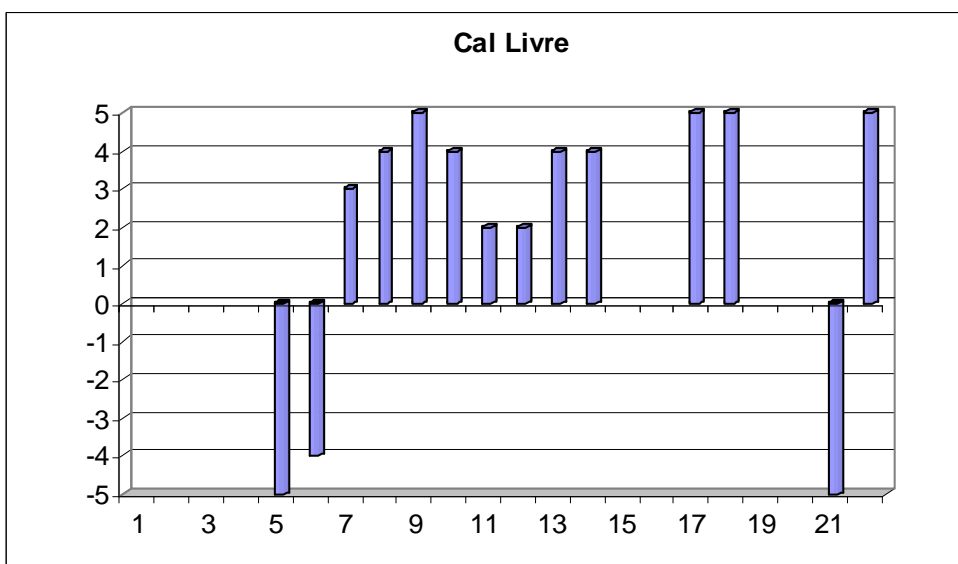


Fig.18 – Classificações das amostras para o ensaio químico de cal livre

4.2 – Classificações da Composição Potencial das Fases do Cimento

O CCRL avalia a composição potencial das fases do cimento, calculadas pelo Método de Bogue. Deste modo a classificação das fases do cimento reflectem, em parte, as classificações obtidas nos ensaios químicos.

No cálculo do aluminato tricálcico (C_3A) verifica-se que para se obter uma classificação de 3 em C_3A deverá exigir-se, na determinação da alumina, uma classificação de 4.

Na amostra 5 a classificação nula em C_2S foi devida a um lapso pois deveria ter sido enviado 14,7% e não 25,2%.

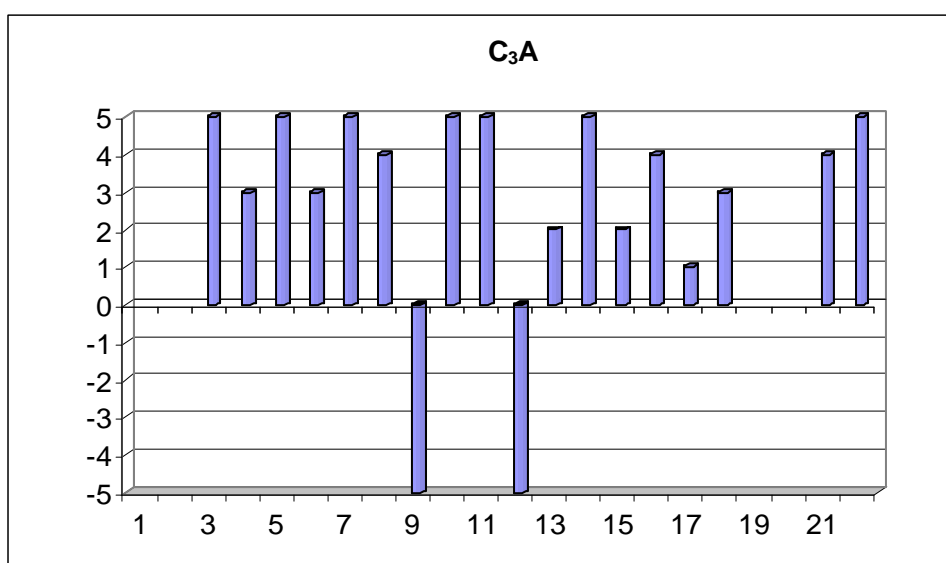


Fig.19 – Classificações das amostras para o ensaio químico do aluminato tricálcico

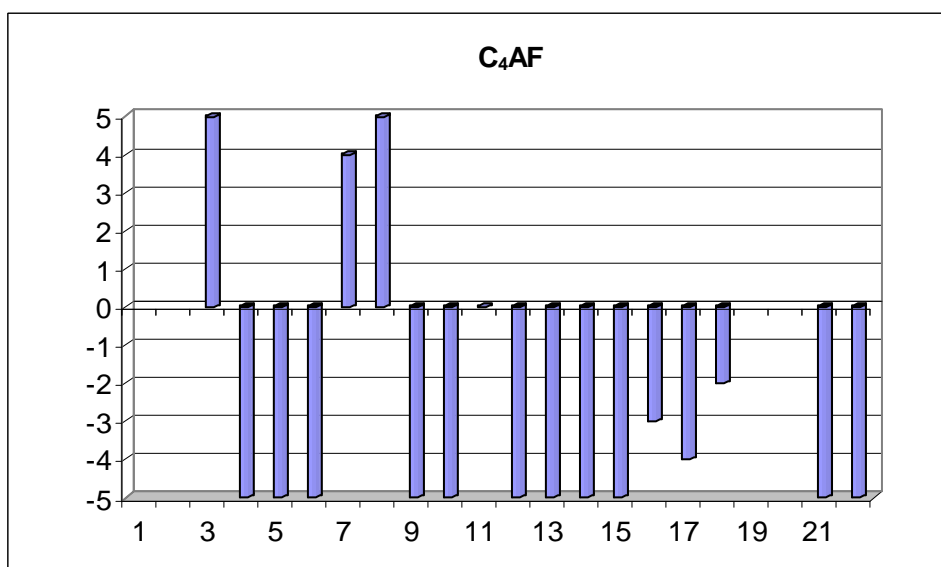


Fig.20 – Classificações das amostras para o ensaio químico do aluminoferrato de cálcio

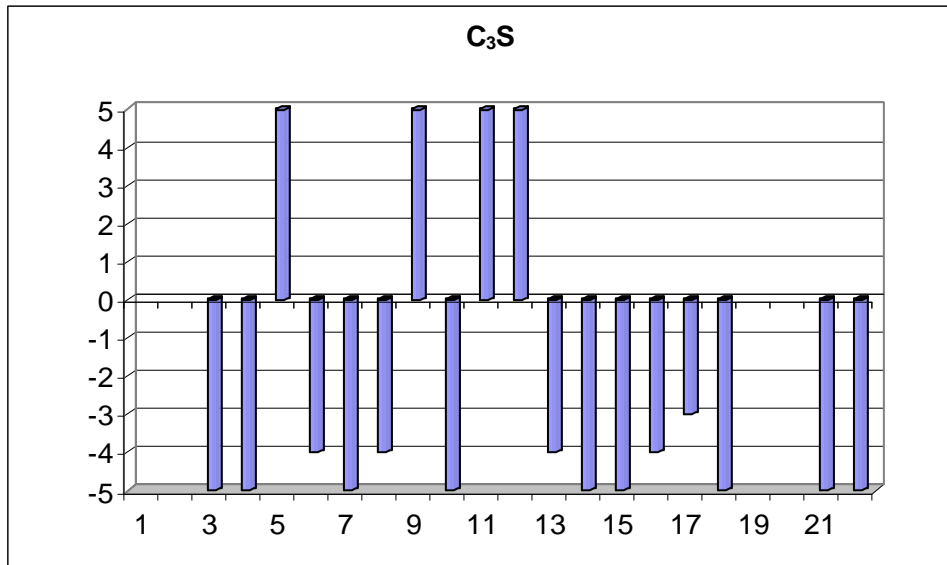


Fig.21 – Classificações das amostras para o ensaio químico do silicato tricálcico

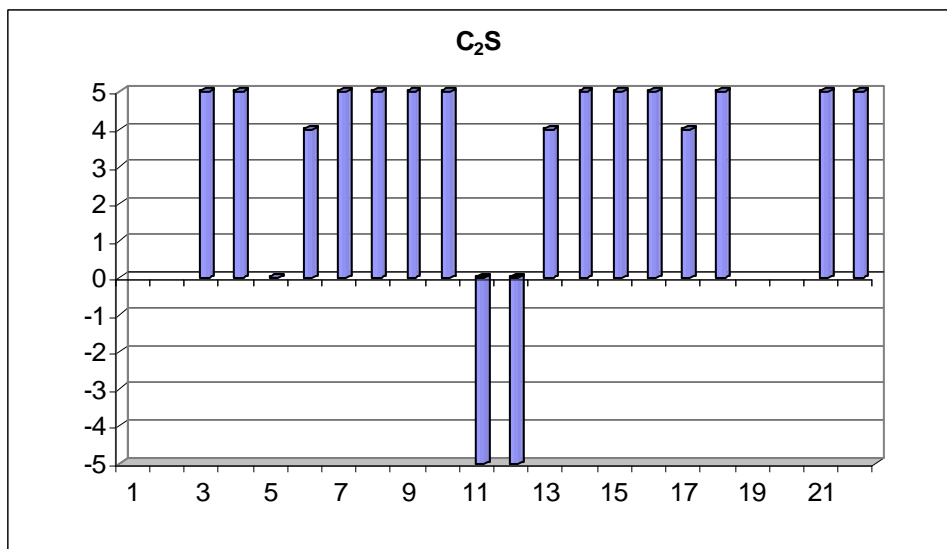


Fig.22 – Classificações das amostras para o ensaio químico do silicato bicálcico

4.3 – Classificações Médias dos Ensaio Químicos

A partir das classificações obtidas em cada ensaio calculou-se a classificação média no período 2005-2010 e que se apresenta no quadro 3. O potássio apresenta uma classificação média de 3 tendo os restantes ensaios classificações médias de 4 e 5.

Quadro 3 – Classificações médias

| Determinação/ Ensaio | Número de determinações | Classificação média |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------|
| SiO ₂ | 22 | 5 |
| Al ₂ O ₃ | 22 | 4 |
| Fe ₂ O ₃ | 22 | 4 |
| CaO | 22 | 5 |
| MgO | 22 | 4 |
| Perda de massa | 22 | 4 |
| SO ₃ | 22 | 5 |
| K ₂ O | 22 | 3 |
| Na ₂ O | 22 | 5 |
| TiO ₂ | 16 | 5 |
| P ₂ O ₅ | 16 | 5 |
| Mn ₂ O ₃ | 16 | 5 |
| Cr ₂ O ₃ | 16 | 5 |
| ZnO | 14 | 5 |
| Cl | 18 | 5 |
| Resíduo insolúvel | 20 | 5 |
| Cal livre | 14 | 4 |

Se exprimirmos a frequência das classificações médias, em percentagem, o laboratório de química obteve em 65% dos ensaios a classificação de 5, em 29% dos ensaios a classificação de 4 e apenas em 6% dos ensaios a classificação de 3.

5 – CONCLUSÕES

Os ensaios interlaboratoriais coordenados pelo CCRL onde se analisam duas amostras em simultâneo permitem uma melhor avaliação do desempenho do laboratório, e dos operadores, uma vez que os erros sistemáticos podem ser detectados mais facilmente.

O laboratório apresenta um bom desempenho no período analisado com 94% dos ensaios com a classificação de 4 e 5.

Para os ensaios com boas classificações de 4 e 5, mas com tendência para os resultados se situarem no mesmo quadrante, o laboratório deverá investigar a sua causa.

Os resultados dos laboratórios que participam nos Ensaios Interlaboratoriais são utilizados pelo CCRL para estabelecer certificados de análise dos cimentos analisados. A identificação das amostras e o respectivo certificado é posteriormente enviado pelo CCRL aos laboratórios participantes. Estas amostras podem ser utilizadas na calibração de equipamentos designadamente no espectrómetro de fluorescência de raios X o que constitui uma mais valia para o laboratório de química.

6 – BIBLIOGRAFIA

Crandall, J.R.; Blaine, R.L. (1959) – *Statistical evaluation of interlaboratory cement tests* Proceedings of the American Society for Testing Materials Philadelphia, Pa. Volume 59 1959 pp 1129-1154

Youden, W.J. (1959) – *Statistical Aspects of the Cement Testing Program* - Proceedings of the American Society for Testing Materials Philadelphia, Pa. Volume 59, 1959 pp 1120-1128

Harvey, David (2000) - *Modern Analytical Chemistry* - Ed. Mc Graw Hill Chapter 14 pp 688-690, 2000

Haupt, R.K. (2005) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 155 -156*

Haupt, R.K. (2006) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 159 -160*

Haupt, R.K. (2006) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 161 -162*

Haupt, R.K. (2007) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 163 -164*

Haupt, R.K. (2007) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 165 -166*

Haupt, R.K. (2008) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 167 -168*

Haupt, R.K. (2008) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 169 -170*

Haupt, R.K. (2009) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 171 -172*

Haupt, R.K. (2009) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 173 -174*

Haupt, R.K. (2010) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 175 -176*

Haupt, R.K. (2010) *Final report on Portland Cement Proficiency Samples 177-178*

NOTA

Participaram nos Ensaios Interlaboratoriais de Cimentos do CCRL: António Carvalho, Técnico Superior; Margarida Miranda, Assistente Técnico; e ainda as Bolsistas de Experimentação Joana Cardoso e Sónia Coelho.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Outubro de 2010.

VISTOS

O Chefe do Núcleo
de Betões



Bettencourt Ribeiro
Investigador Principal

O Director do Departamento
de Materiais

Arlindo Gonçalves
Investigador Coordenador



AUTORIA



Ana Maria Esteves
Investigadora Principal
Engenheira Química

ANEXO I
Relatório da CCRL 2º Semestre de 2010
Amostras 177 - 178

CCRL PROFICIENCY SAMPLE PROGRAM
 Portland Cement Proficiency Samples No. 177 and No. 178
 Final Report - Chemical Results
 September 10, 2010

SUMMARY OF RESULTS

| Test | #Labs | Sample No. 177 | | | Sample No. 178 | | |
|------------------|---------|----------------|-------|------|----------------|-------|------|
| | | Average | S.D. | C.V. | Average | S.D. | C.V. |
| Silicon Dioxide | % 227 | 20.64 | 1.20 | 5.9 | 19.46 | 1.20 | 6.0 |
| Silicon Dioxide | % * 213 | 20.72 | 0.14 | 0.7 | 19.53 | 0.24 | 1.2 |
| Aluminum Oxide | % 222 | 4.45 | 0.13 | 3.0 | 4.43 | 0.15 | 3.5 |
| Aluminum Oxide | % * 216 | 4.46 | 0.10 | 2.3 | 4.44 | 0.11 | 2.5 |
| Ferric Oxide | % 224 | 2.88 | 0.08 | 2.9 | 3.11 | 0.21 | 6.9 |
| Ferric Oxide | % * 213 | 2.87 | 0.04 | 1.4 | 3.09 | 0.05 | 1.5 |
| Calcium Oxide | % 222 | 63.61 | 0.45 | 0.7 | 63.64 | 0.94 | 1.5 |
| Calcium Oxide | % * 213 | 63.58 | 0.33 | 0.5 | 63.68 | 0.42 | 0.7 |
| Magnesium Oxide | % 223 | 2.26 | 0.13 | 5.7 | 2.49 | 0.15 | 6.1 |
| Magnesium Oxide | % * 211 | 2.26 | 0.06 | 2.5 | 2.50 | 0.07 | 3.0 |
| Sulfur Trioxide | % 227 | 2.70 | 0.15 | 5.6 | 3.36 | 0.21 | 6.2 |
| Sulfur Trioxide | % * 213 | 2.70 | 0.07 | 2.5 | 3.38 | 0.08 | 2.4 |
| Loss on Ignition | % 226 | 2.13 | 0.17 | 8.0 | 2.71 | 0.22 | 8.2 |
| Loss on Ignition | % * 214 | 2.12 | 0.10 | 4.8 | 2.72 | 0.12 | 4.3 |
| Sodium Oxide | % 213 | 0.180 | 0.047 | 26.1 | 0.123 | 0.044 | 35.5 |
| Sodium Oxide | % * 198 | 0.175 | 0.023 | 13.2 | 0.120 | 0.023 | 19.3 |

CONTINUED ON NEXT PAGE

* ELIMINATED LABS: Data over three S.D. from the mean

Silicon Dioxide 4 26 51 93 289 407 696 779 28 52 768 1594 3059 3428

Aluminum Oxide 26 38 52 289 407 3454

Ferric Oxide 26 407 2464 95 206 289 502 696 736 2491 3454

Calcium Oxide 23 50 407 2621 289 2464 3059 3428 3454

Magnesium Oxide 53 289 407 416 95 206 696 1594 1644 2463 2466 3454

Sulfur Trioxide 51 53 407 696 4 40 156 416 501 1956 2305 2483 3279 3454

Loss on Ignition 51 90 203 1644 2491 2763 206 221 431 1466 3059 3415

Sodium Oxide 53 78 98 110 125 1053 1251 4 458 696 1956 2463 2464 3057 3238

CCRL PROFICIENCY SAMPLE PROGRAM
 Portland Cement Proficiency Samples No. 177 and No. 178
 Final Report - Chemical Results
 September 10, 2010

SUMMARY OF RESULTS

| Test | #Labs | Sample No. 177 | | | Sample No. 178 | | |
|-------------------|---------|----------------|-------|------|----------------|-------|------|
| | | Average | S.D. | C.V. | Average | S.D. | C.V. |
| Potassium Oxide | % 218 | 0.556 | 0.022 | 4.0 | 0.493 | 0.028 | 5.6 |
| Potassium Oxide | % * 201 | 0.559 | 0.013 | 2.2 | 0.496 | 0.014 | 2.8 |
| Titan Dioxide | % 178 | 0.32 | 0.016 | 5.1 | 0.24 | 0.022 | 8.8 |
| Titan Dioxide | % * 171 | 0.32 | 0.012 | 3.7 | 0.24 | 0.009 | 3.5 |
| Phosphorus Pent | % 175 | 0.142 | 0.022 | 15.8 | 0.092 | 0.018 | 19.7 |
| Phosphorus Pent | % * 163 | 0.141 | 0.008 | 5.7 | 0.090 | 0.008 | 8.6 |
| Zinc Oxide | % 81 | 0.028 | 0.007 | 24.2 | 0.007 | 0.006 | 84.9 |
| Zinc Oxide | % * 74 | 0.027 | 0.003 | 10.1 | 0.006 | 0.003 | 41.3 |
| Manganic Oxide | % 133 | 0.038 | 0.006 | 15.3 | 0.028 | 0.015 | 54.2 |
| Manganic Oxide | % * 127 | 0.038 | 0.004 | 9.2 | 0.026 | 0.004 | 14.8 |
| Chloride | % 113 | 0.008 | 0.011 | 135 | 0.014 | 0.010 | 72.0 |
| Chloride | % * 109 | 0.007 | 0.004 | 54.7 | 0.014 | 0.006 | 42.7 |
| Insoluble Residue | % 212 | 0.41 | 0.11 | 27.6 | 0.30 | 0.13 | 43.9 |
| Insoluble Residue | % * 208 | 0.40 | 0.10 | 23.8 | 0.29 | 0.09 | 32.1 |
| Free Lime | % 171 | 0.61 | 0.21 | 34.3 | 1.25 | 0.27 | 21.9 |
| Free Lime | % * 166 | 0.59 | 0.18 | 29.8 | 1.26 | 0.25 | 20.1 |

CONTINUED ON NEXT PAGE

* ELIMINATED LABS: Data over three S.D. from the mean

Potassium Oxide 36 158 178 407 416 2463 3233 3415 1 107 206 696 768 1190 2253 3057 3454
 Titanium Dioxide 84 107 53 407 696 768 2491
 Phosphorus Pentoxide 92 98 1799 2116 4 53 107 139 696 2463 2484 3291
 Zinc Oxide 74 95 206 408 696 1466 2934
 Manganic Oxide 162 181 354 407 692 2463
 Chloride 181 206 457 3428
 Insoluble Residue 206 605 3415 3454
 Free Lime 284 494 2363 2490 3235

CCRL PROFICIENCY SAMPLE PROGRAM
 Portland Cement Proficiency Samples No. 177 and No. 178
 Final Report - Chemical Results
 September 10, 2010

SUMMARY OF RESULTS

| Test | | Sample No. 177 | | | | Sample No. 178 | | |
|------------------------------------|-------|----------------|---------|-------|------|----------------|-------|------|
| | | #Labs | Average | S.D. | C.V. | Average | S.D. | C.V. |
| Carbon Dioxide | prcnt | 180 | 1.50 | 0.21 | 14.1 | 1.26 | 0.25 | 20.1 |
| Carbon Dioxide | prcnt | * 175 | 1.53 | 0.17 | 11.1 | 1.27 | 0.23 | 18.3 |
| Limestone | prcnt | 177 | 3.7 | 0.6 | 15.0 | 3.2 | 0.7 | 20.5 |
| Limestone | prcnt | * 171 | 3.7 | 0.4 | 11.4 | 3.2 | 0.6 | 18.8 |
| Chromium Oxide | % | 78 | 0.011 | 0.005 | 44.8 | 0.007 | 0.003 | 43.0 |
| Chromium Oxide | % | * 75 | 0.010 | 0.003 | 30.4 | 0.007 | 0.003 | 36.7 |
| ⁽¹⁾ Tricalcium Silicate | % | 168 | 53.5 | 4.1 | 7.7 | 61.5 | 4.4 | 7.1 |
| ⁽¹⁾ Tricalcium Silicate | % | * 163 | 53.2 | 3.6 | 6.8 | 61.5 | 3.5 | 5.7 |
| ⁽¹⁾ Dicalcium Silicate | % | 168 | 18.9 | 3.4 | 18.0 | 9.3 | 3.3 | 35.7 |
| ⁽¹⁾ Dicalcium Silicate | % | * 165 | 19.0 | 3.1 | 16.4 | 9.4 | 2.9 | 31.2 |
| Tricalc Aluminate | % | 194 | 6.9 | 0.4 | 5.6 | 6.5 | 0.4 | 6.2 |
| Tricalc Aluminate | % | * 186 | 7.0 | 0.3 | 3.6 | 6.5 | 0.3 | 4.5 |
| Tetracalc Alumino | % | 191 | 8.8 | 1.0 | 11.5 | 9.6 | 1.3 | 13.2 |
| Tetracalc Alumino | % | * 181 | 8.7 | 0.2 | 1.8 | 9.4 | 0.2 | 1.8 |

CONTINUED ON NEXT PAGE

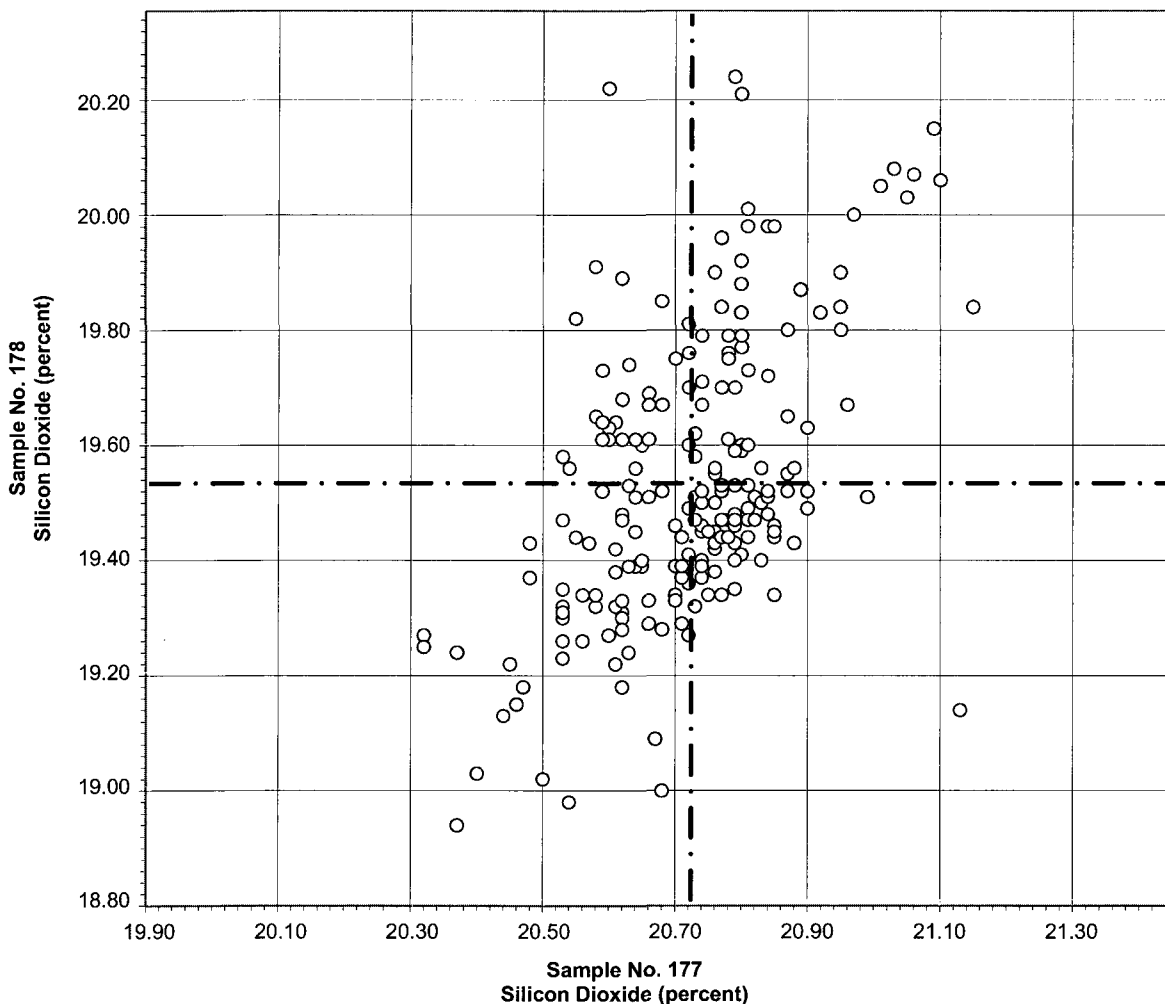
* ELIMINATED LABS: Data over three S.D. from the mean

Carbon Dioxide 56 66 162 975 2466
 Limestone Content 56 66 162 975 2466 2477
 Chromium Oxide 415 1956 2462
 Tricalcium Silicate 8 407 2463 2477 2621
 Dicalcium Silicate 93 2463 2621
 Tricalcium Aluminate 124 289 2464 2491 38 975 2463 3454
 Tetracalcium Aluminoferrite 66 209 124 206 289 407 504 696 2491 3454

NOTES:

(1) Tricalcium silicate and Dicalcium silicate - ASTM C150 requires that cements containing limestone additions use CO₂ in the calculation of these two phases. Samples 177 and 178 contain limestone additions, therefore, test results of 23 laboratories not determining CO₂ were not used in calculating the statistics. See the following list of excluded labs.

**CCRL Proficiency Sample Program
Silicon Dioxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

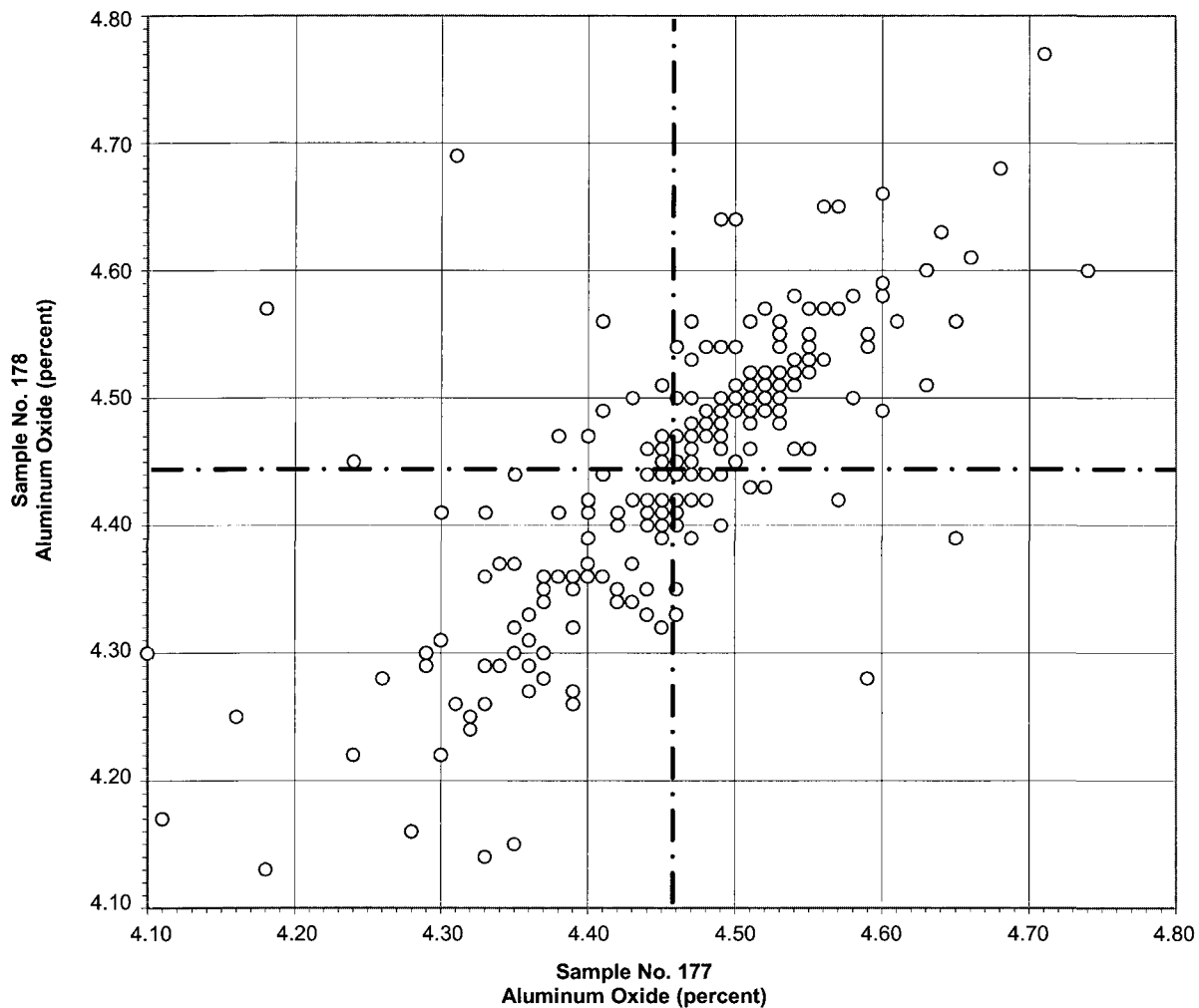


Test No. 10 Silicon Dioxide 213 Points

Sample No. 177 Ave 20.72 S.D. 0.14 C.V. 0.7
 Sample No. 178 Ave 19.53 S.D. 0.24 C.V. 1.2

Labs eliminated: 4, 26, 51, 93, 289, 407, 696, 779, 28, 52, 768, 1594, 3059, 3428

**CCRL Proficiency Sample Program
Aluminum Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



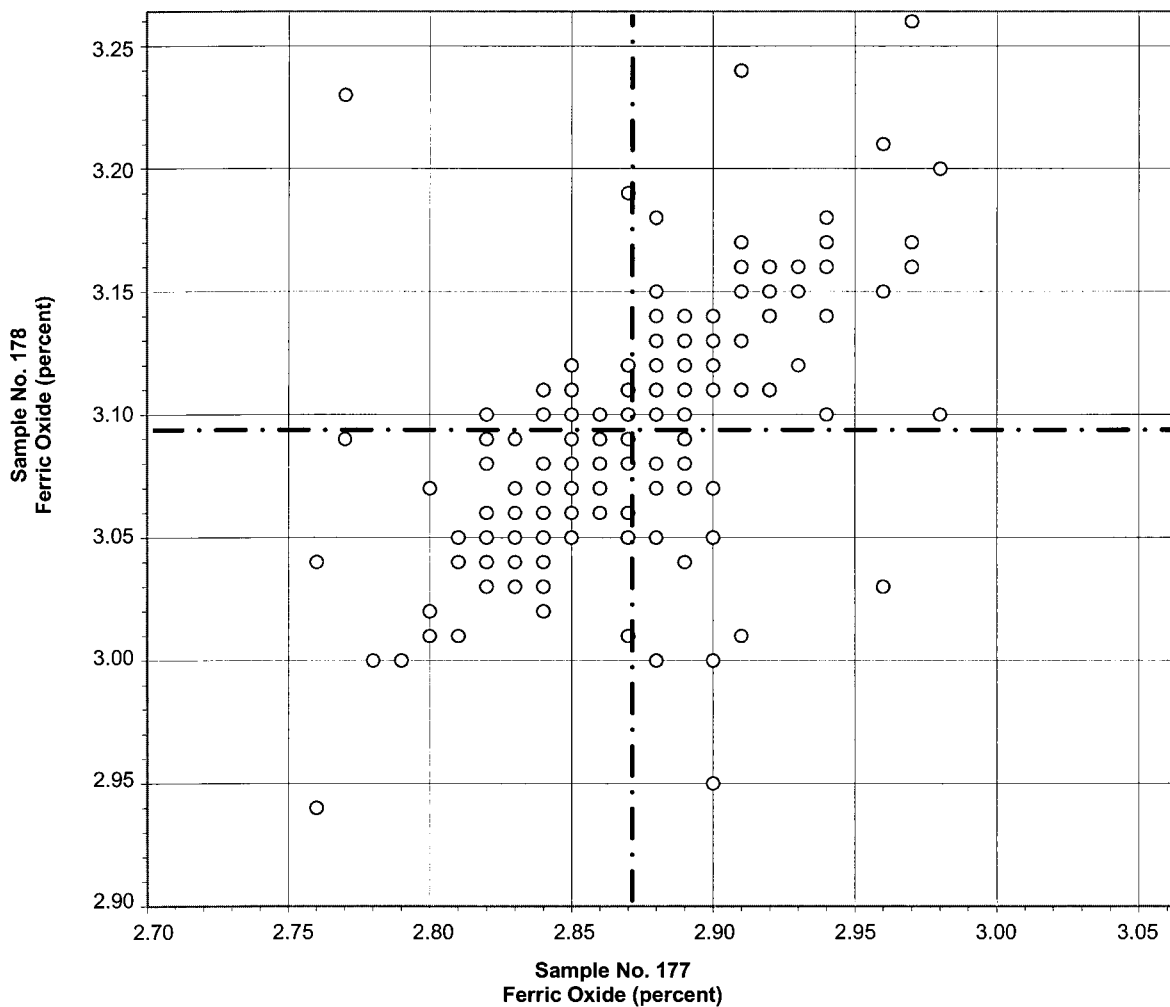
Test No. 21 Aluminum Oxide 215 Points

Sample No. 177 Ave 4.46 S.D. 0.10 C.V. 2.3
 Sample No. 178 Ave 4.44 S.D. 0.11 C.V. 2.5

Labs eliminated: 26, 38, 52, 289, 407, 3454

Labs off Diagram: 2463

**CCRL Proficiency Sample Program
 Ferric Oxide
 PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

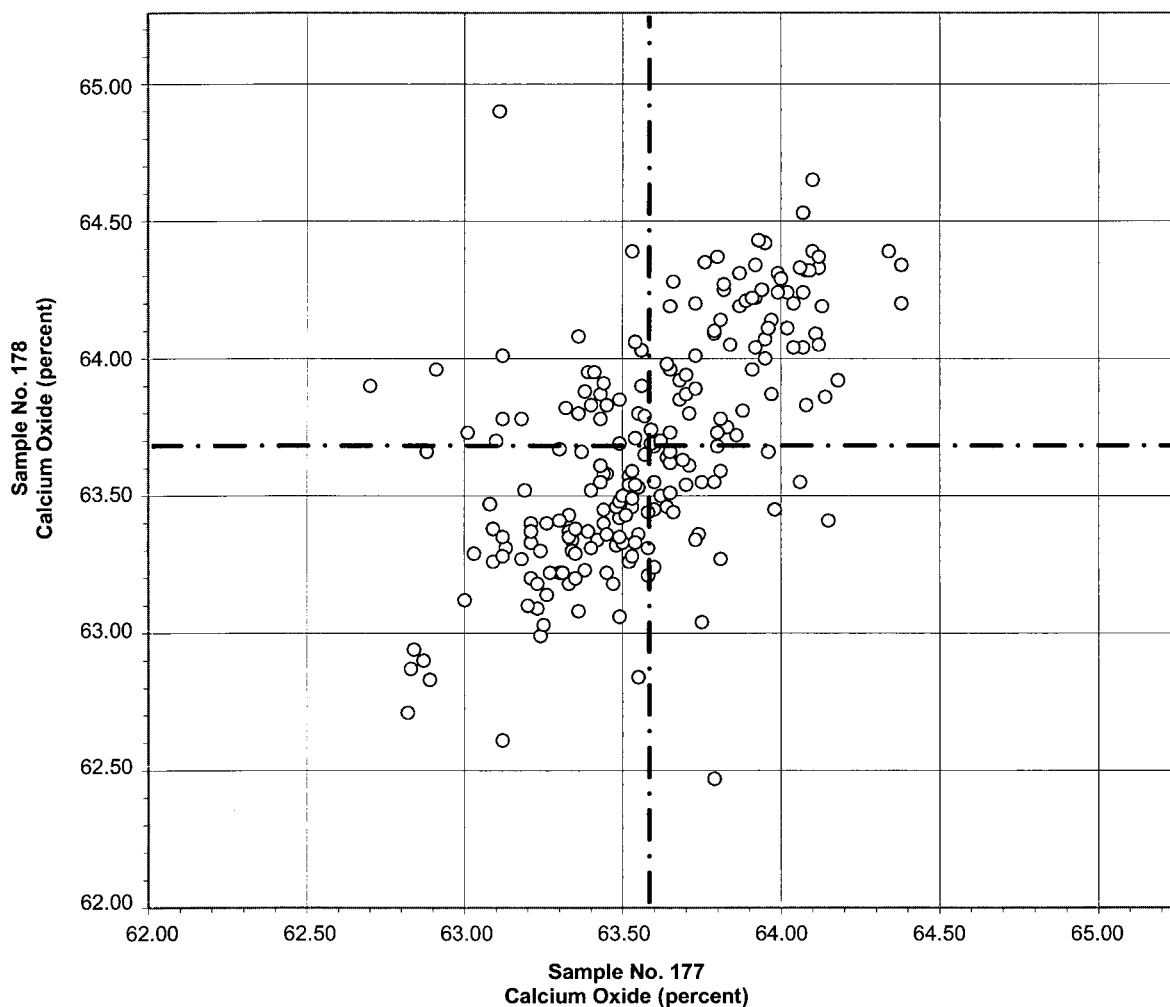


Test No. 30 Ferric Oxide 213 Points

Sample No. 177 Ave 2.87 S.D. 0.04 C.V. 1.4
 Sample No. 178 Ave 3.09 S.D. 0.05 C.V. 1.5

Labs eliminated: 26, 407, 2464, 95, 206, 289, 502, 696, 736, 2491, 3454

**CCRL Proficiency Sample Program
Calcium Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

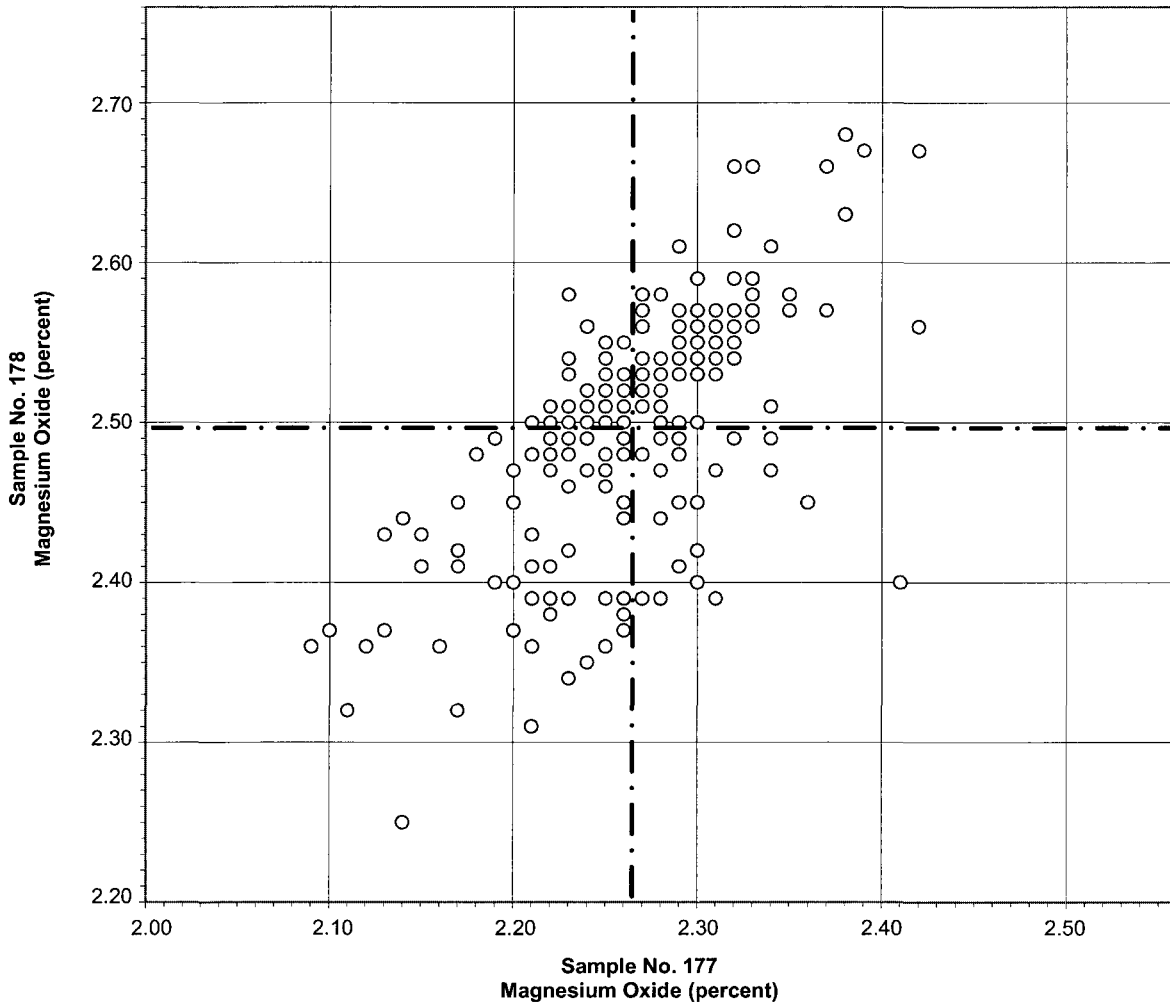


Test No. 40 Calcium Oxide 213 Points

Sample No. 177 Ave 63.58 S.D. 0.33 C.V. 0.5
 Sample No. 178 Ave 63.68 S.D. 0.43 C.V. 0.7

Labs eliminated: 23, 50, 407, 2621, 289, 2464, 3059, 3428, 3454

**CCRL Proficiency Sample Program
Magnesium Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

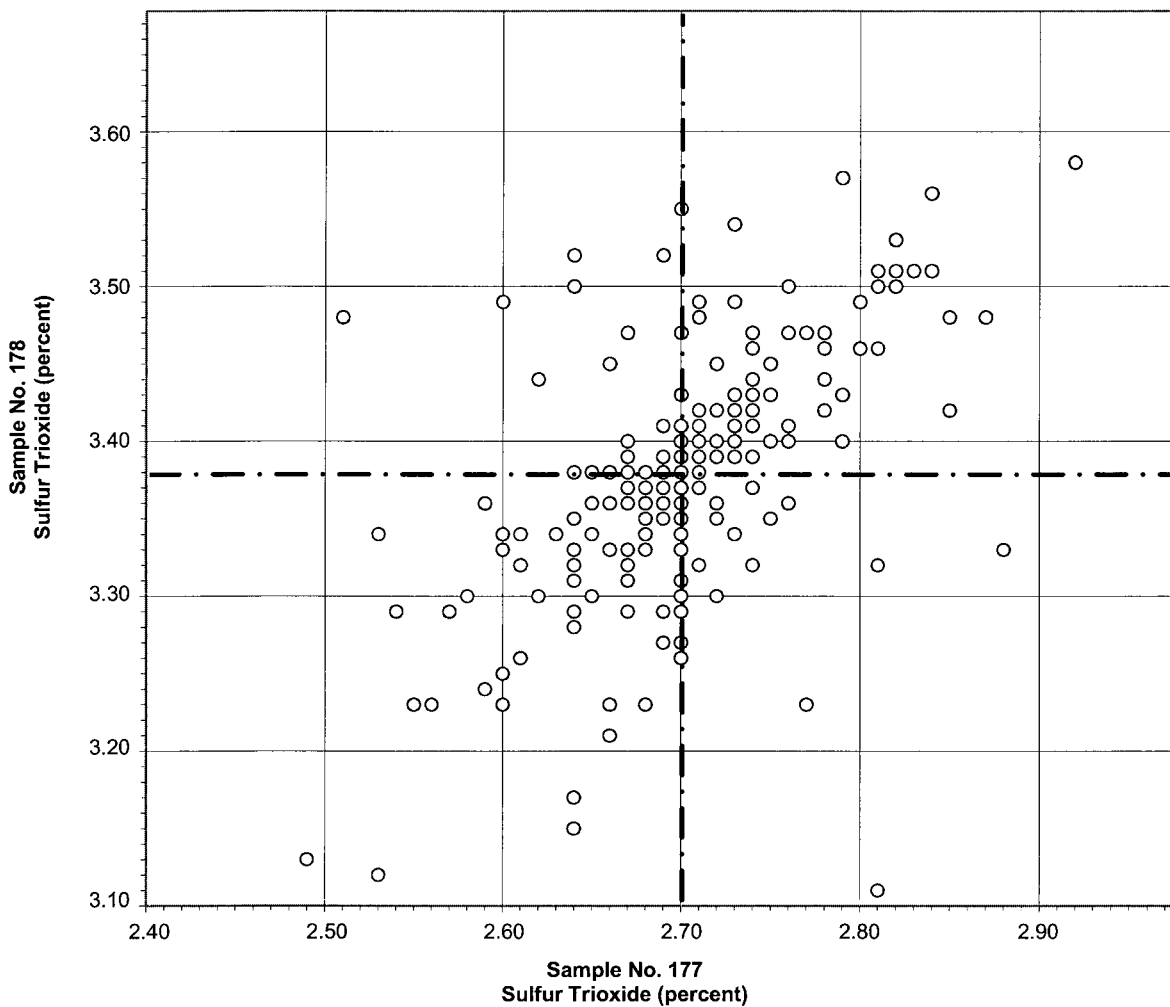


Test No. 50 Magnesium Oxide 211 Points

Sample No. 177 Ave 2.26 S.D. 0.06 C.V. 2.5
 Sample No. 178 Ave 2.50 S.D. 0.07 C.V. 3.0

Labs eliminated: 53, 289, 407, 416, 95, 206, 696, 1594, 1644, 2463, 2466, 3454

**CCRL Proficiency Sample Program
Sulfur Trioxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

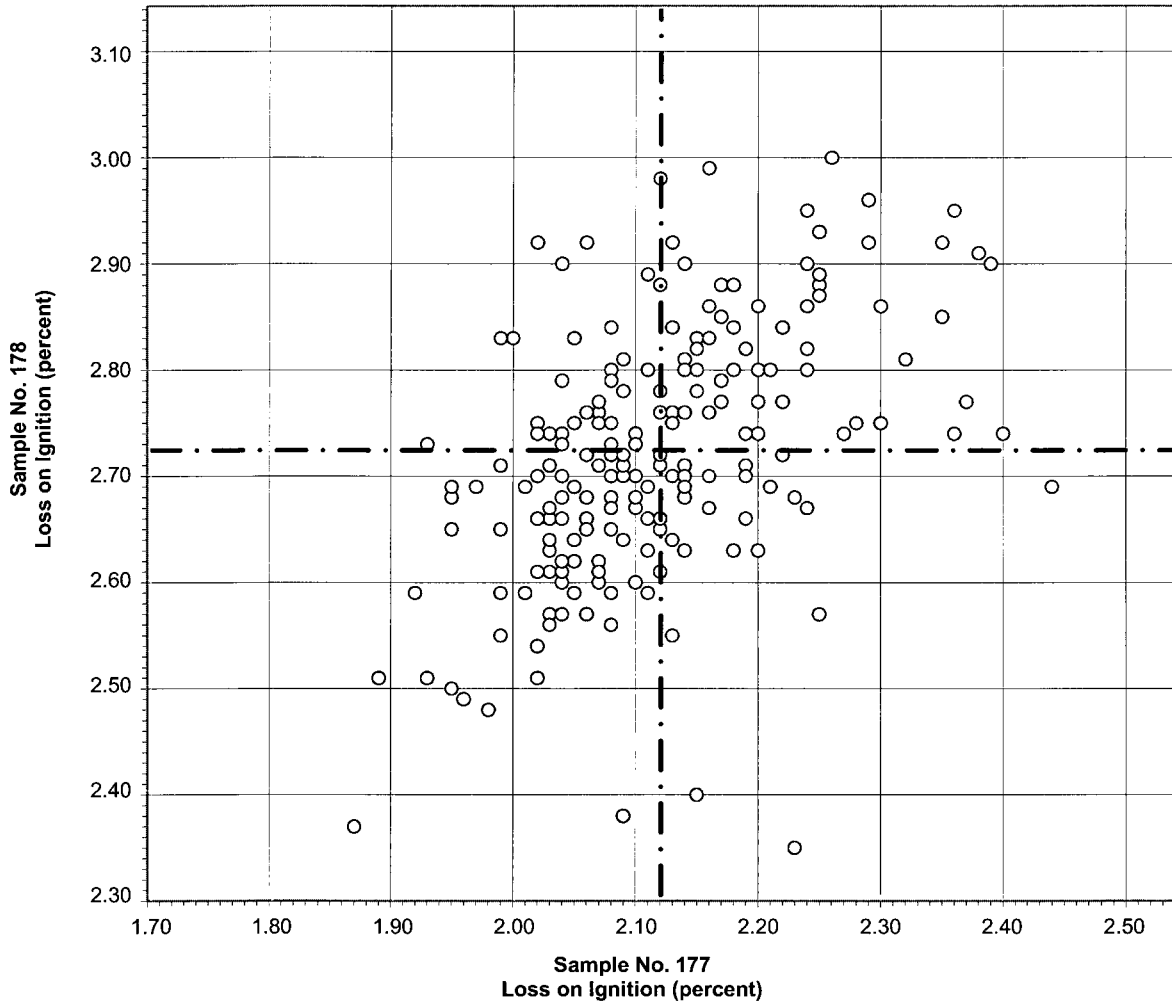


Test No. 60 Sulfur Trioxide 213 Points

Sample No. 177 Ave 2.70 S.D. 0.07 C.V. 2.5
 Sample No. 178 Ave 3.38 S.D. 0.08 C.V. 2.4

Labs eliminated: 51, 53, 407, 696, 4, 40, 156, 416, 501, 1956, 2305, 2483, 3279, 3454

**CCRL Proficiency Sample Program
Loss on Ignition
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

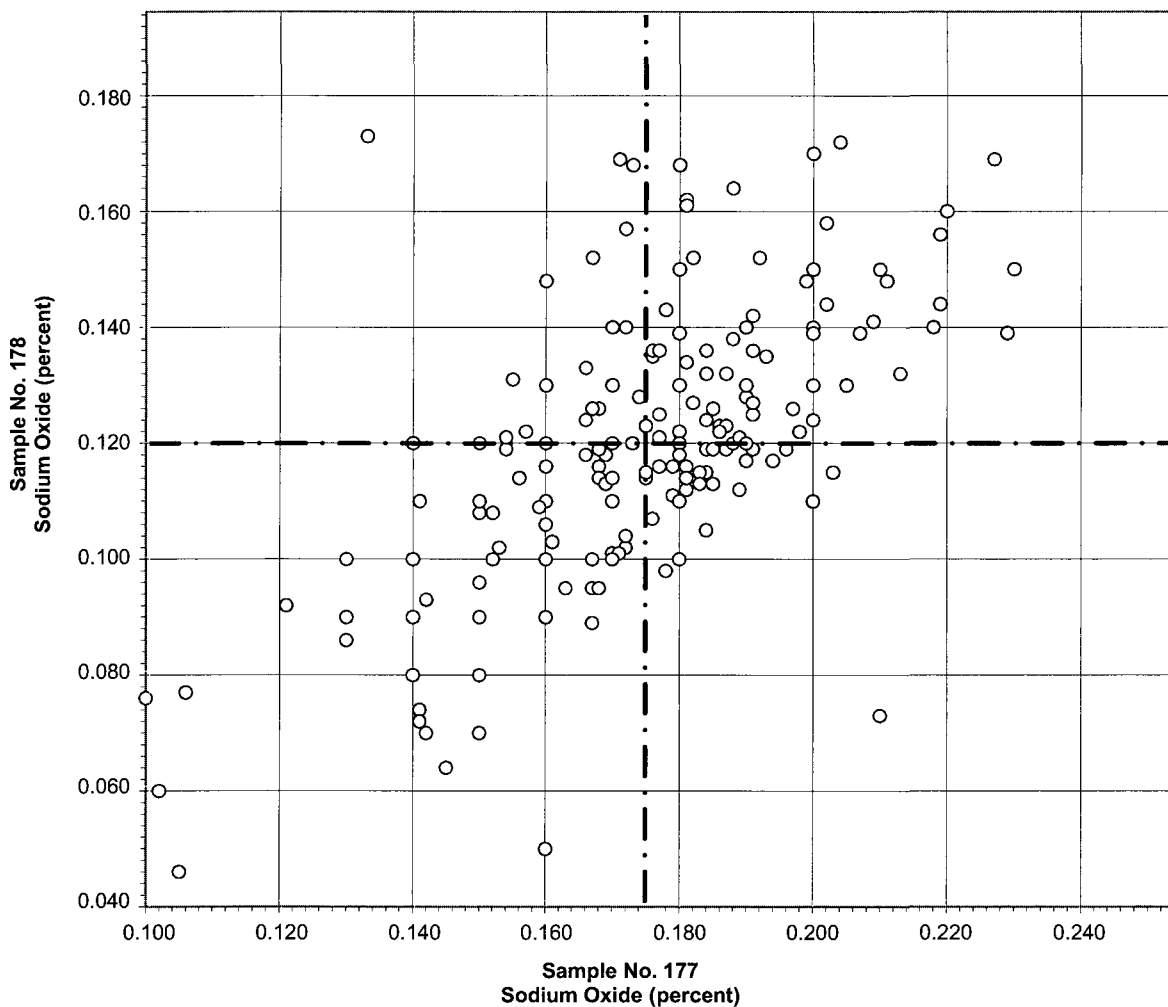


Test No. 70 Loss on Ignition 214 Points

Sample No. 177 Ave 2.12 S.D. 0.10 C.V. 4.8
 Sample No. 178 Ave 2.72 S.D. 0.12 C.V. 4.3

Labs eliminated: 51, 90, 203, 1644, 2491, 2763, 206, 221, 431, 1466, 3059, 3415

**CCRL Proficiency Sample Program
Sodium Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

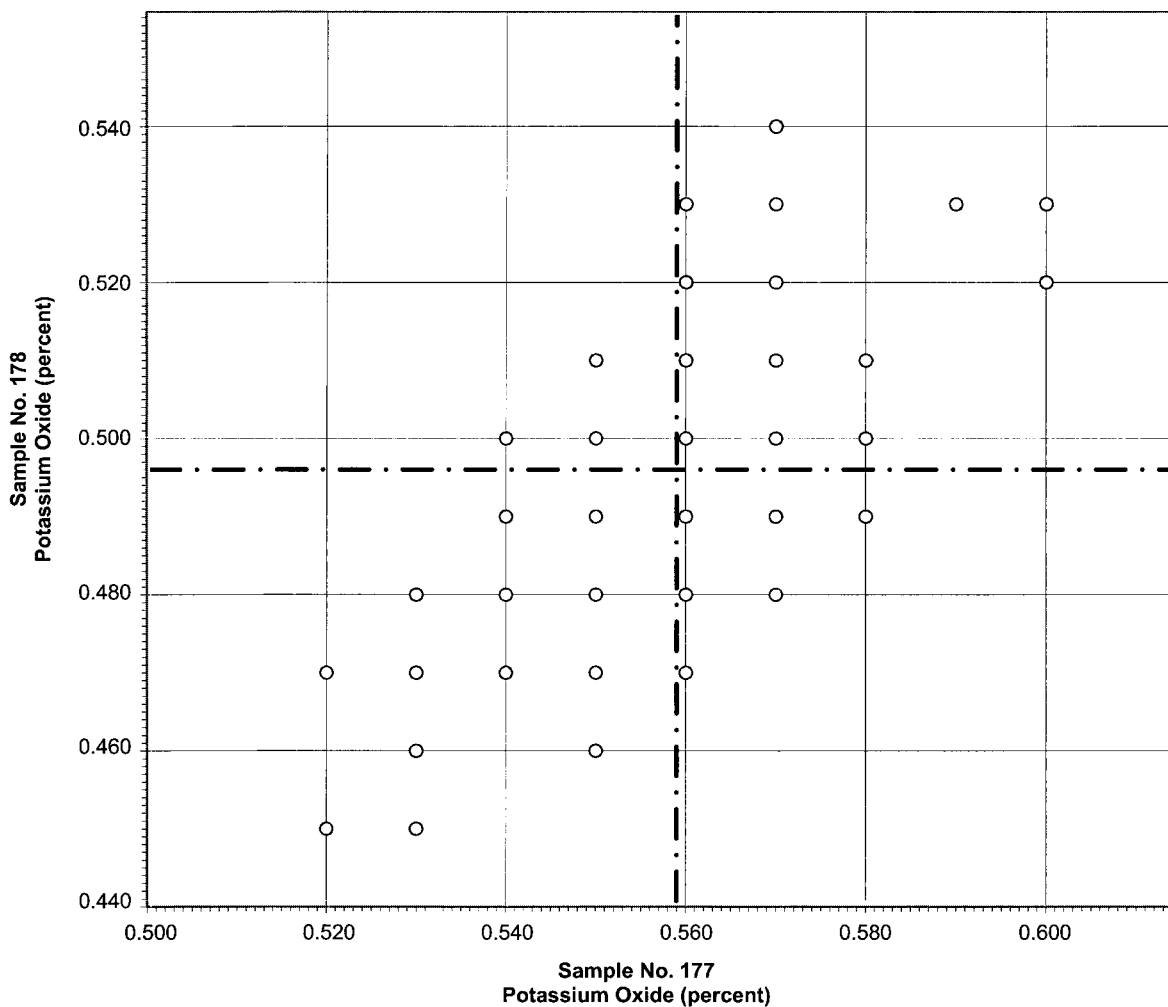


Test No. 90 Sodium Oxide 198 Points

Sample No. 177 Ave 0.175 S.D. 0.023 C.V. 13.2
 Sample No. 178 Ave 0.120 S.D. 0.023 C.V. 19.3

Labs eliminated: 53, 78, 98, 110, 125, 1053, 1251, 4, 458, 696, 1956, 2463, 2464, 3057, 3238

**CCRL Proficiency Sample Program
Potassium Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

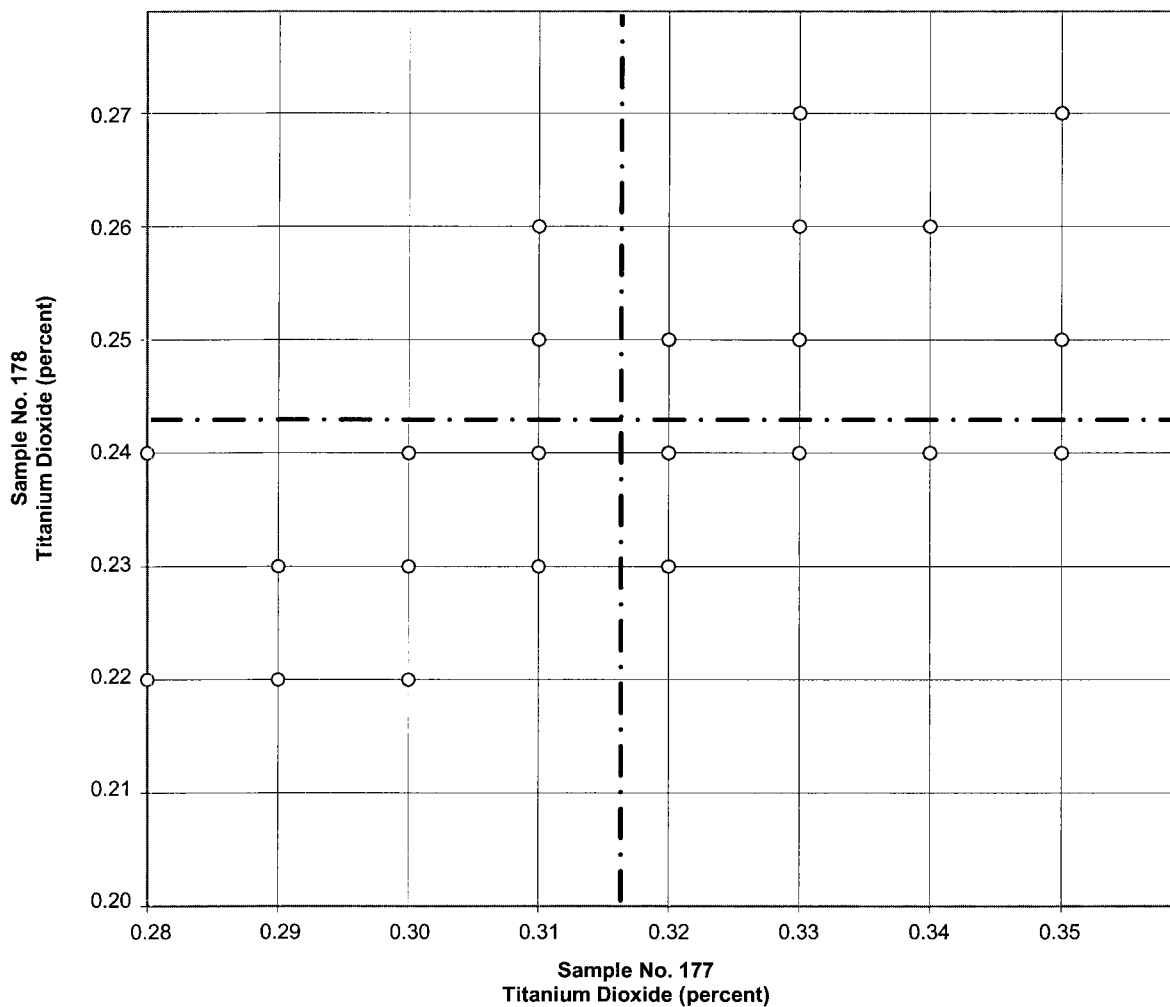


Test No. 100 Potassium Oxide 201 Points

Sample No. 177 Ave 0.559 S.D. 0.013 C.V. 2.2
 Sample No. 178 Ave 0.496 S.D. 0.014 C.V. 2.8

Labs eliminated: 36, 158, 178, 407, 416, 2463, 3233, 3415, 1, 107, 206, 696, 768,
 1190, 2253, 3057, 3454

**CCRL Proficiency Sample Program
Titanium Dioxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

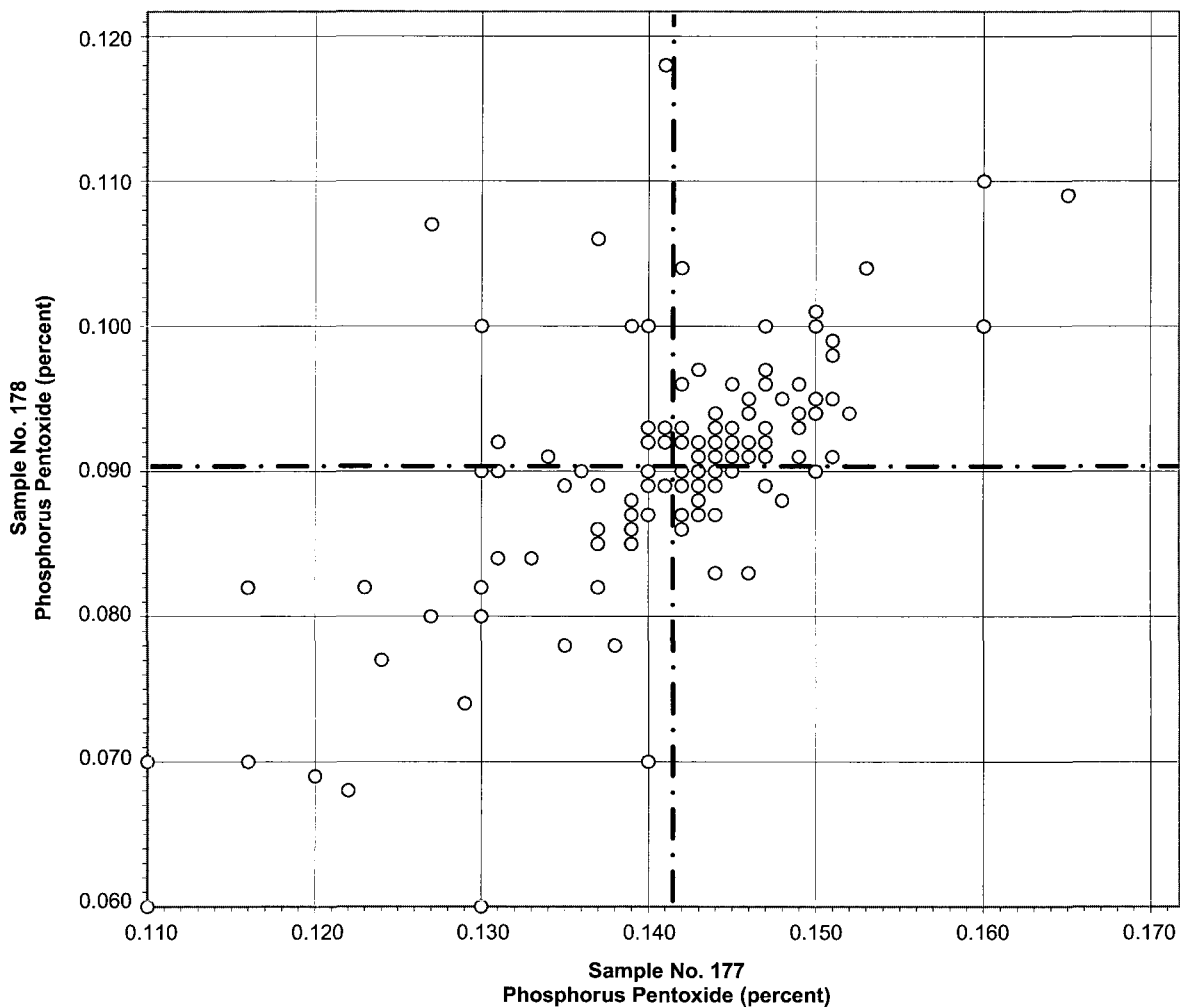


Test No. 103 Titanium Dioxide 171 Points

Sample No. 177 Ave 0.32 S.D. 0.012 C.V. 3.7
 Sample No. 178 Ave 0.24 S.D. 0.009 C.V. 3.5

Labs eliminated: 84, 107, 53, 407, 696, 768, 2491

**CCRL Proficiency Sample Program
Phosphorus Pentoxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

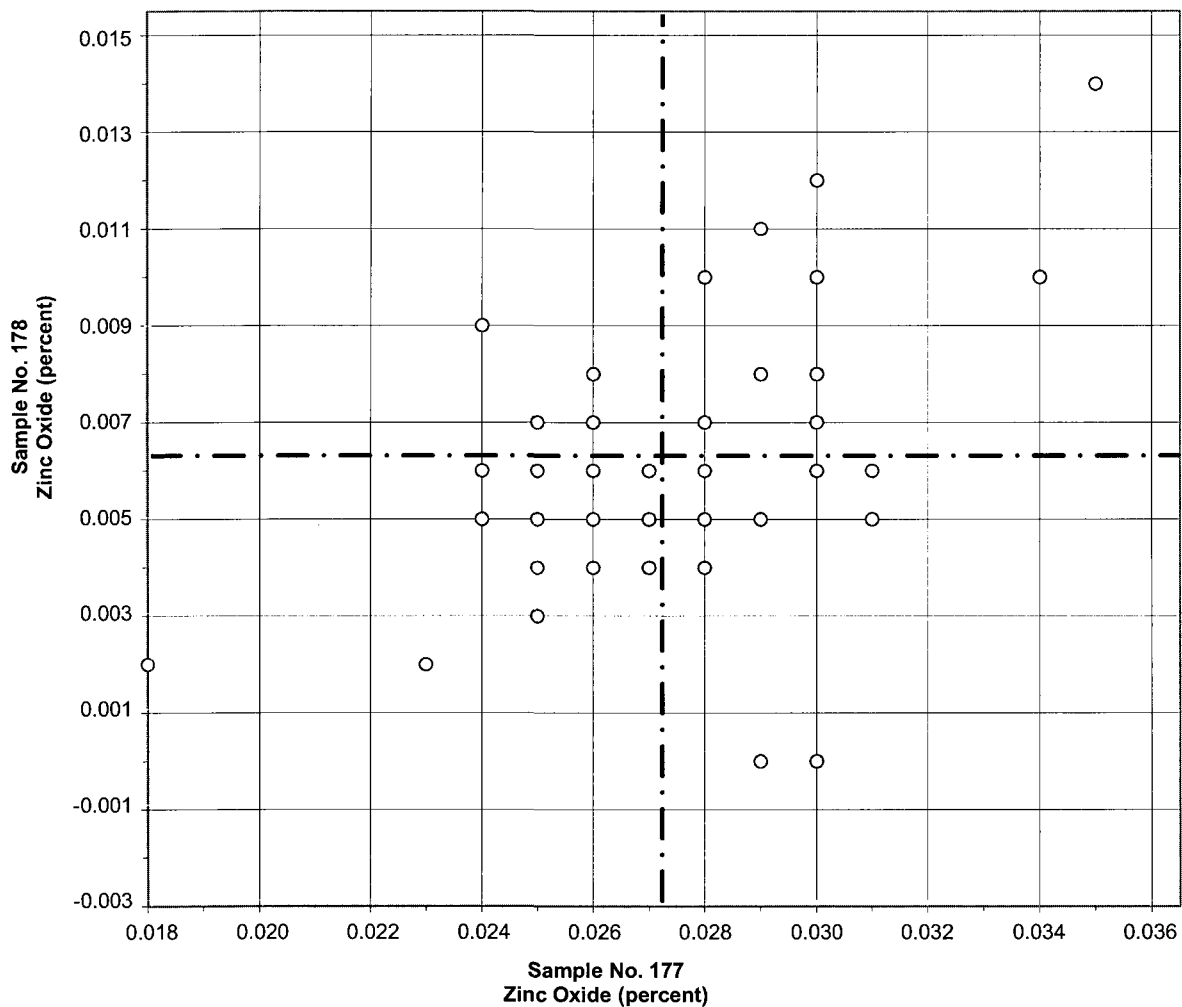


Test No. 102 Phosphorus Pentoxide 163 Points

Sample No. 177 Ave 0.141 S.D. 0.008 C.V. 5.7
 Sample No. 178 Ave 0.090 S.D. 0.008 C.V. 8.6

Labs eliminated: 92, 98, 1799, 2116, 4, 53, 107, 139, 696, 2463, 2484, 3291

**CCRL Proficiency Sample Program
Zinc Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



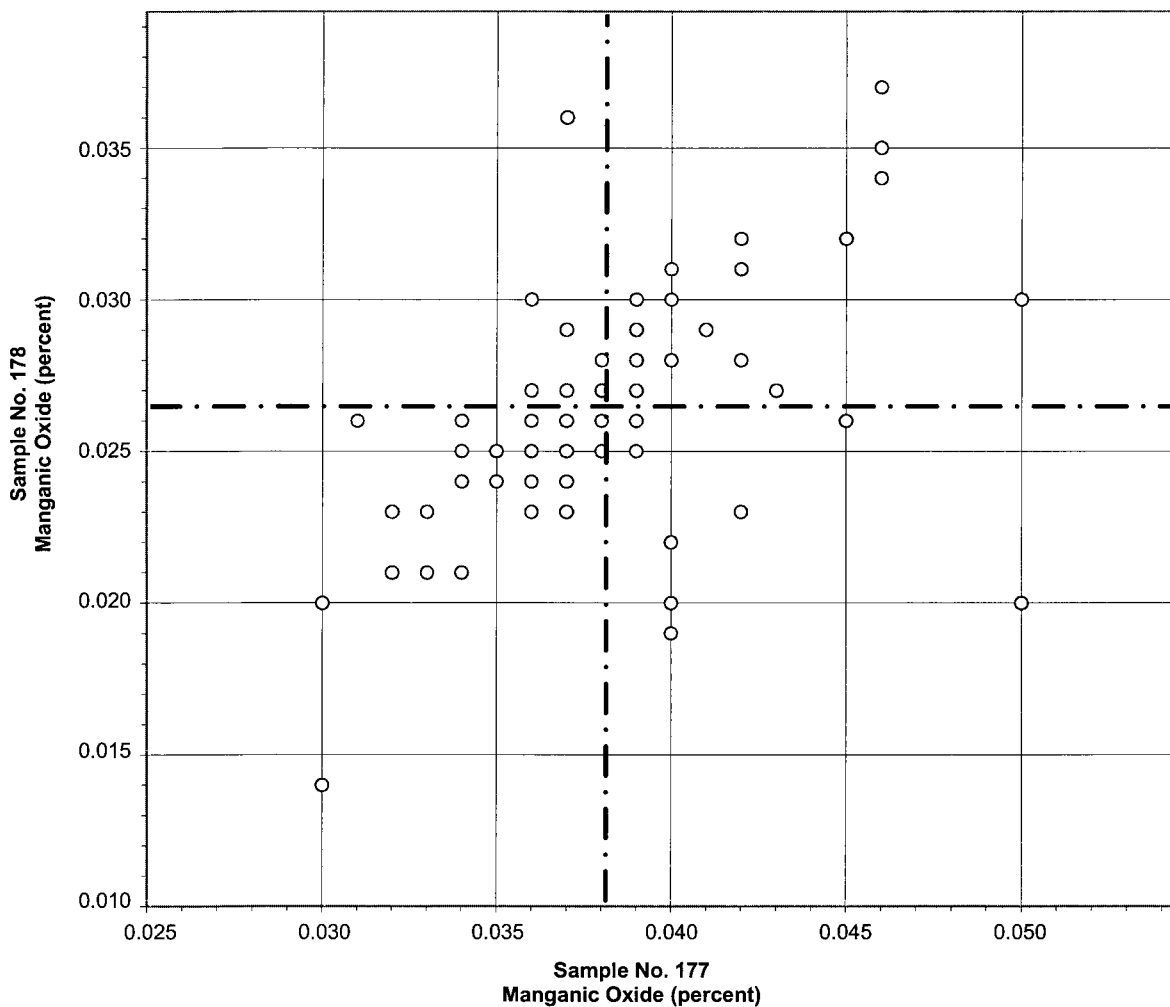
Test No. 99 Zinc Oxide 73 Points

Sample No. 177 Ave 0.027 S.D. 0.003 C.V. 10.1
 Sample No. 178 Ave 0.006 S.D. 0.003 C.V. 41.3

Labs eliminated: 74, 95, 206, 408, 696, 1466, 2934

Labs off Diagram: 493

**CCRL Proficiency Sample Program
Manganic Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



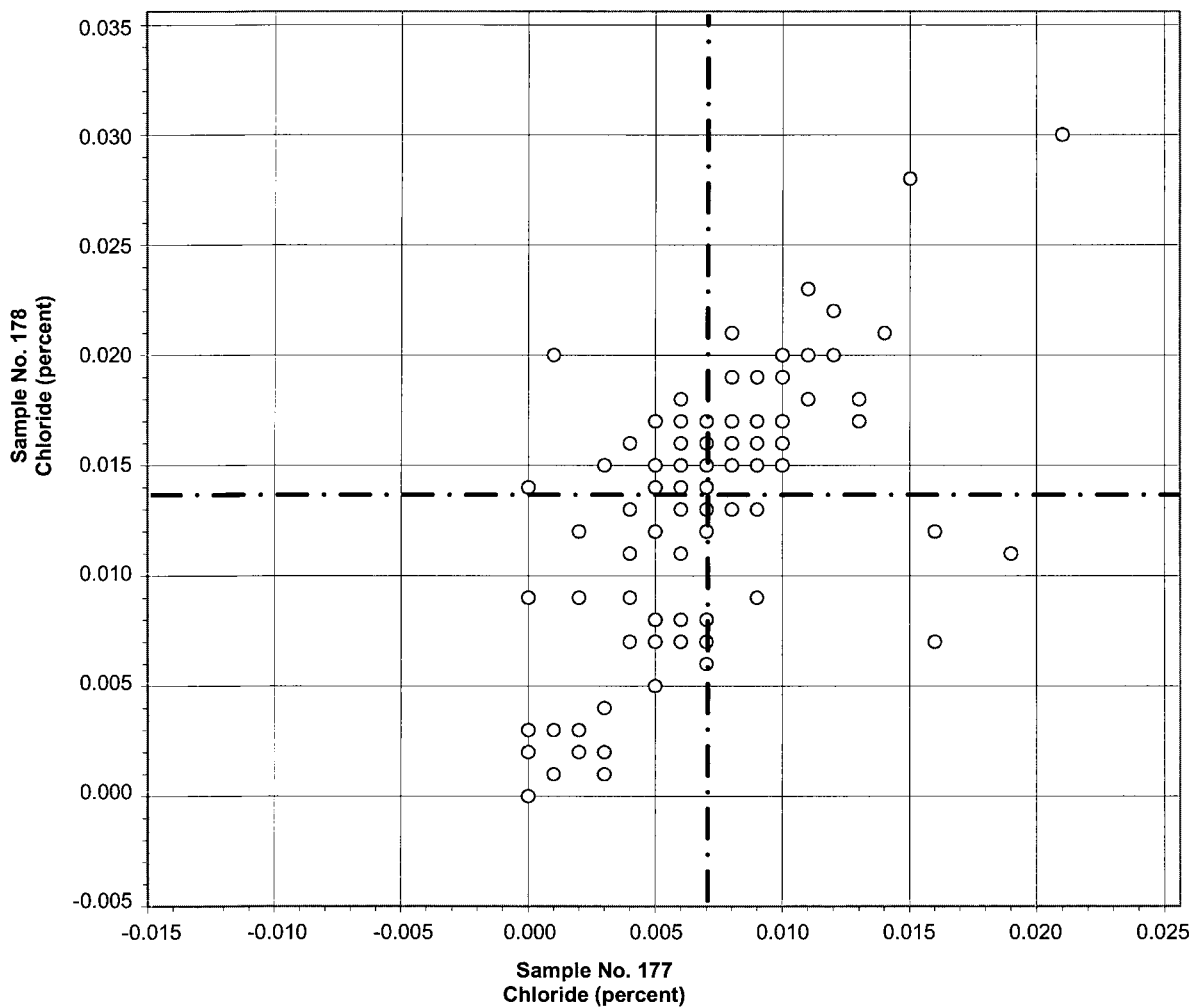
Test No. 101 Manganic Oxide 125 Points

Sample No. 177 Ave 0.038 S.D. 0.004 C.V. 9.2
 Sample No. 178 Ave 0.026 S.D. 0.004 C.V. 14.8

Labs eliminated: 162, 181, 354, 407, 692, 2463

Labs off Diagram: 107, 209

**CCRL Proficiency Sample Program
Chloride
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



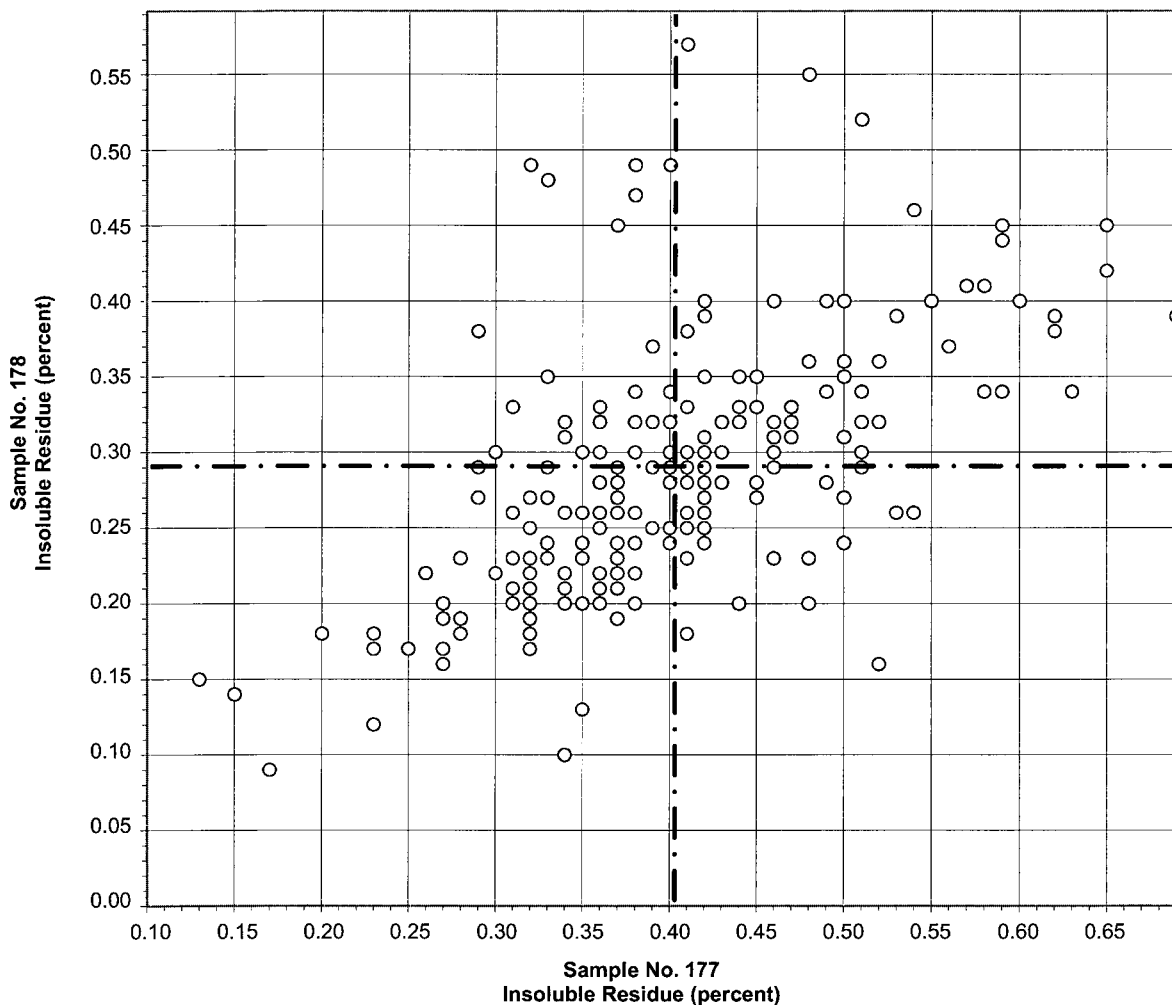
Test No. 104 Chloride 109 Points

Sample No. 177 Ave 0.007 S.D. 0.004 C.V. 54.7

Sample No. 178 Ave 0.014 S.D. 0.006 C.V. 42.7

Labs eliminated: 181, 206, 457, 3428

**CCRL Proficiency Sample Program
Insoluble Residue
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



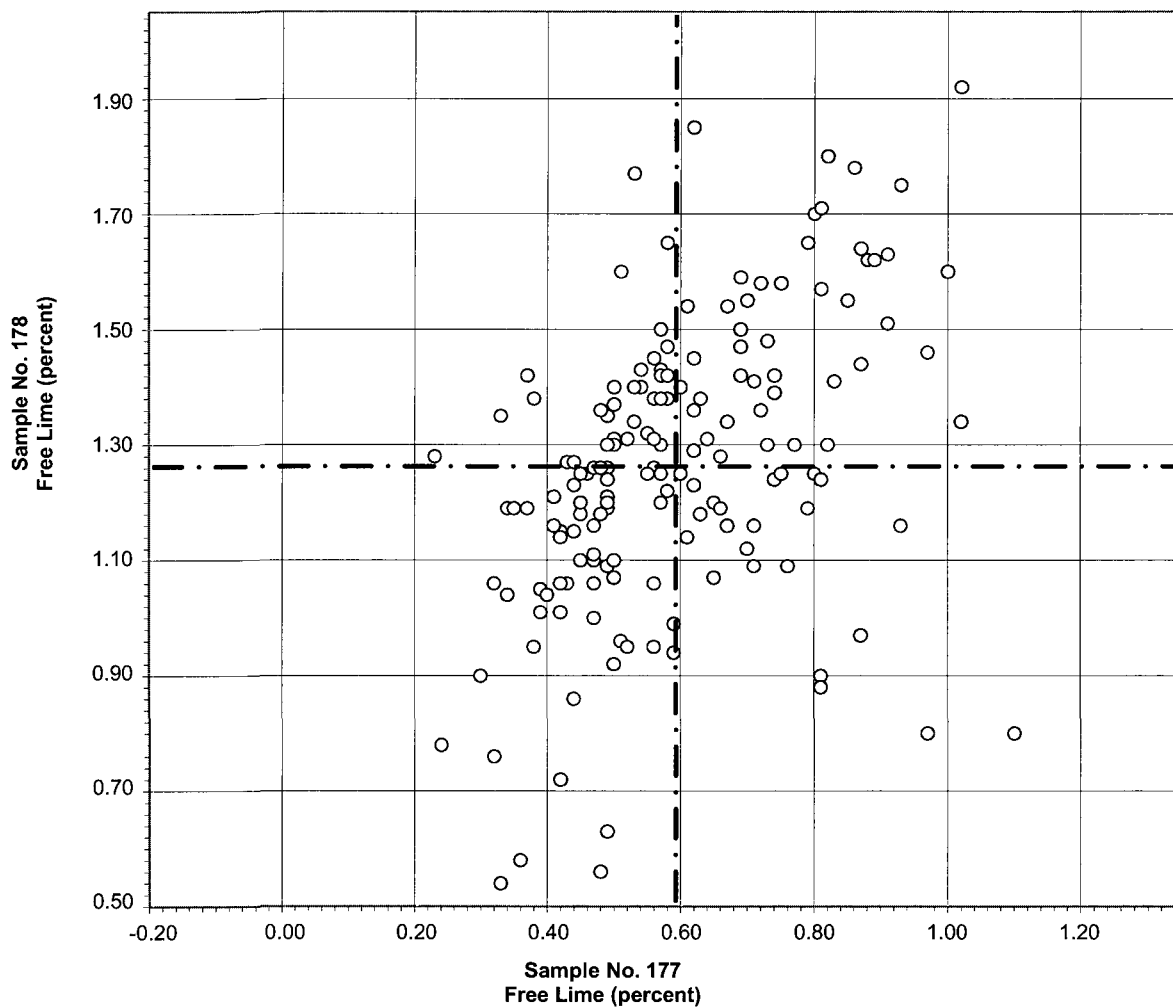
Test No. 80 Insoluble Residue 205 Points

Sample No. 177 Ave 0.40 S.D. 0.10 C.V. 23.8
 Sample No. 178 Ave 0.29 S.D. 0.09 C.V. 32.1

Labs eliminated: 206, 605, 3415, 3454

Labs off Diagram: 1025, 3233, 3235

**CCRL Proficiency Sample Program
Free Lime
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

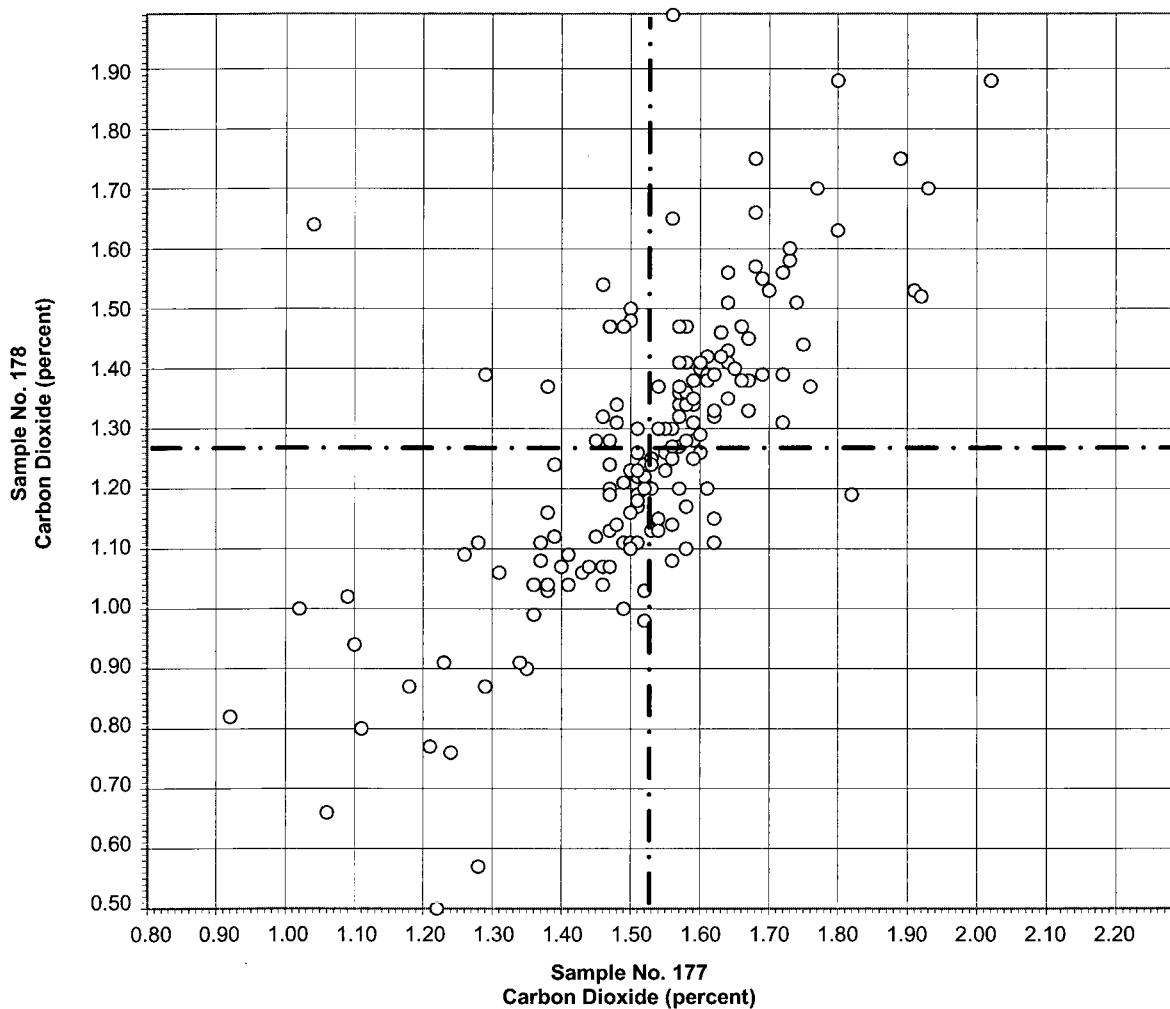


Test No. 41 Free Lime 166 Points

Sample No. 177 Ave 0.59 S.D. 0.18 C.V. 29.8
 Sample No. 178 Ave 1.26 S.D. 0.25 C.V. 20.1

Labs eliminated: 284, 494, 2363, 2490, 3235

**CCRL Proficiency Sample Program
Carbon Dioxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

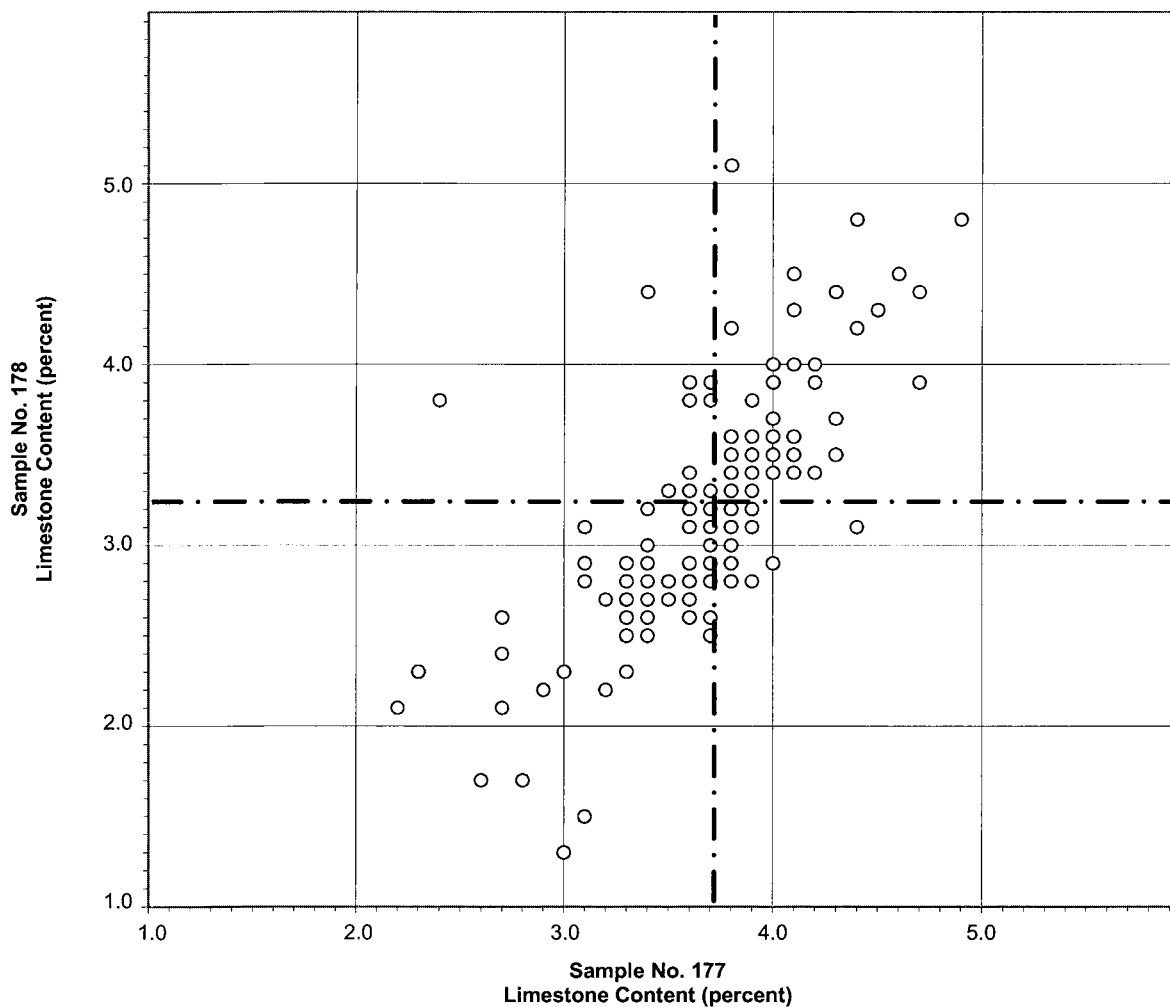


Test No. 97 Carbon Dioxide 175 Points

Sample No. 177 Ave 1.53 S.D. 0.17 C.V. 11.1
 Sample No. 178 Ave 1.27 S.D. 0.23 C.V. 18.3

Labs eliminated: 56, 66, 162, 975, 2466

**CCRL Proficiency Sample Program
Limestone Content
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

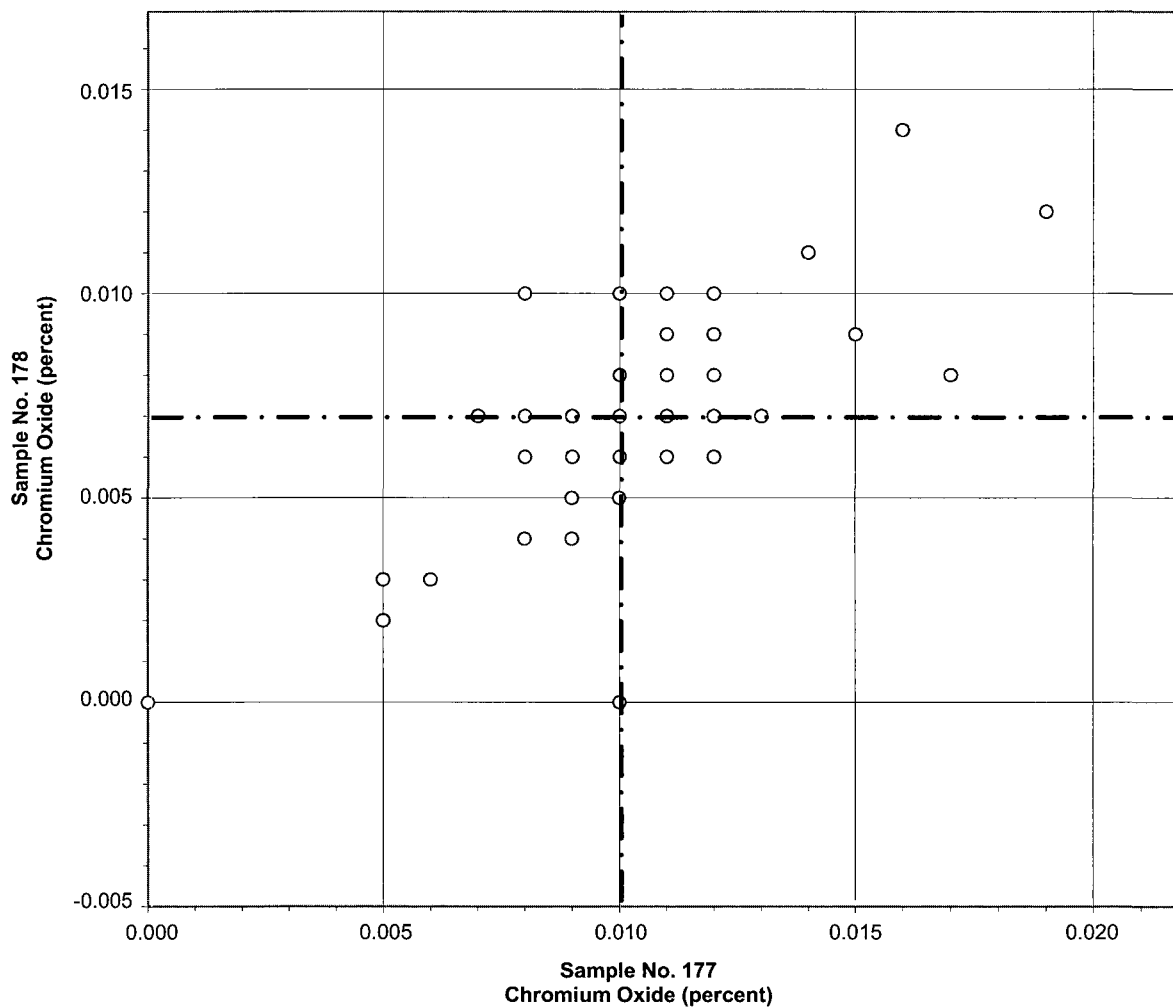


Test No. 98 Limestone Content 171 Points

Sample No. 177 Ave 3.7 S.D. 0.4 C.V. 11.4
 Sample No. 178 Ave 3.2 S.D. 0.6 C.V. 18.8

Labs eliminated: 56, 66, 162, 975, 2466, 2477

**CCRL Proficiency Sample Program
Chromium Oxide
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

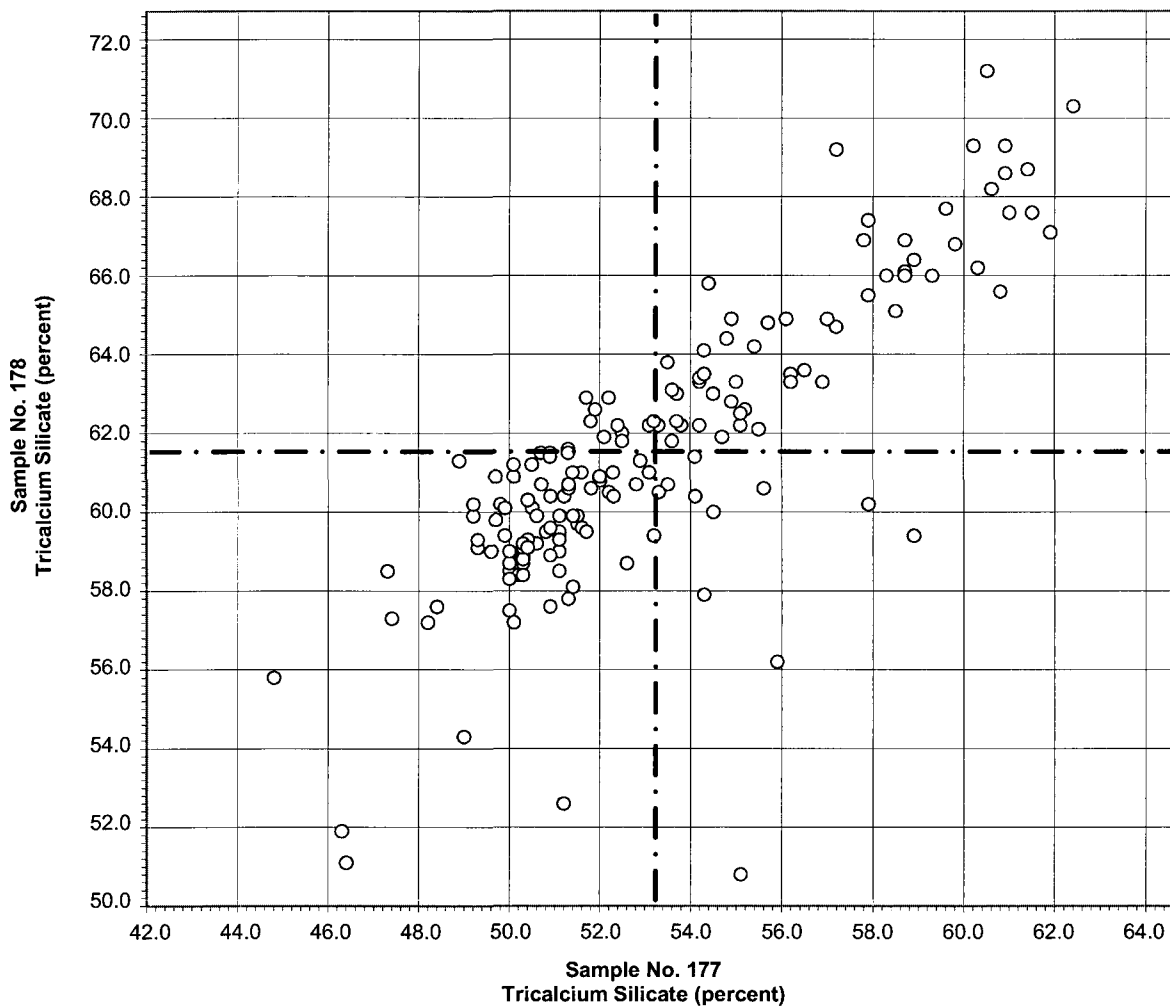


Test No. 105 Chromium Oxide 75 Points

| | | | |
|----------------|-----------|------------|-----------|
| Sample No. 177 | Ave 0.010 | S.D. 0.003 | C.V. 30.4 |
| Sample No. 178 | Ave 0.007 | S.D. 0.003 | C.V. 36.7 |

Labs eliminated: 415, 1956, 2462

**CCRL Proficiency Sample Program
Tricalcium Silicate
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

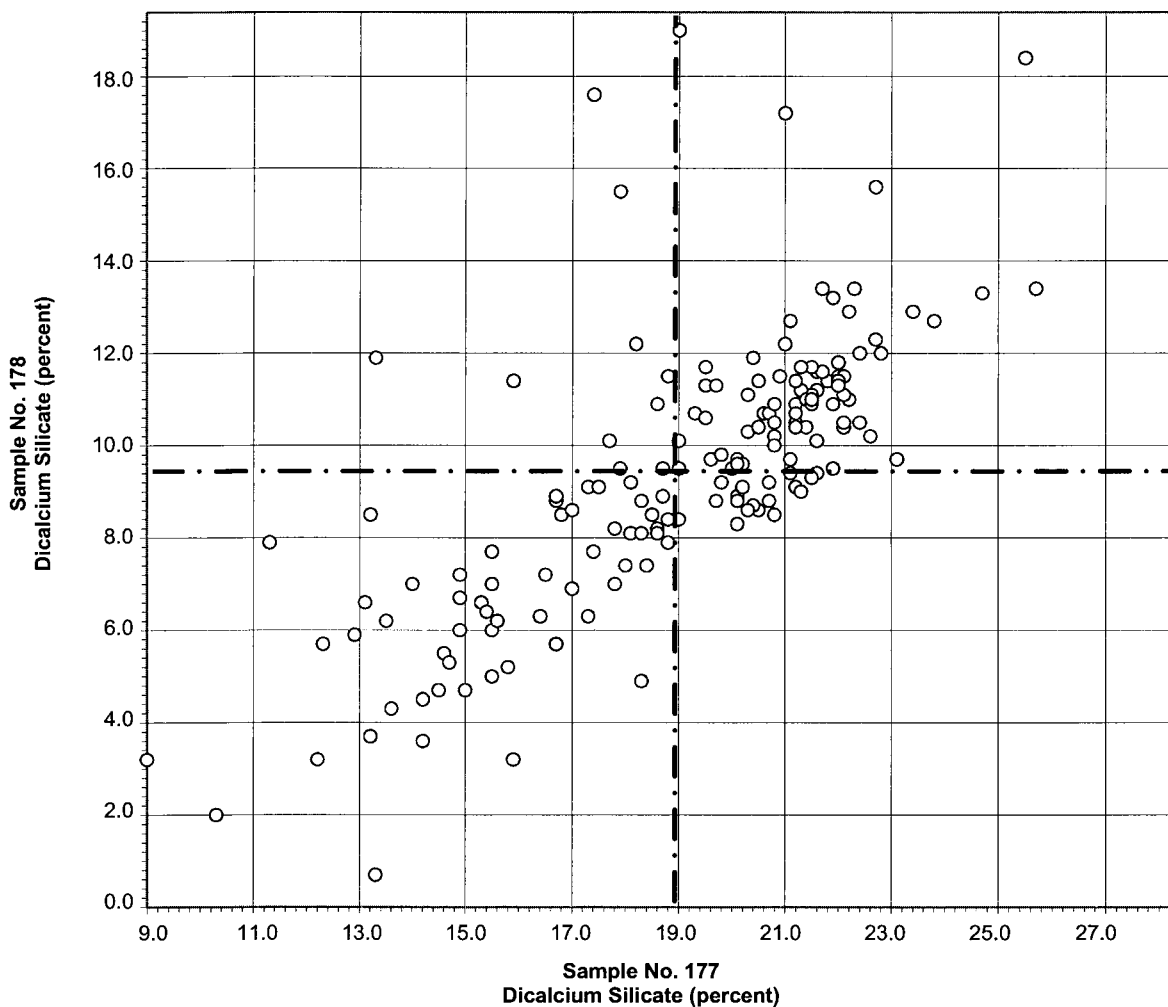


Test No. 106 Tricalcium Silicate 163 Points

Sample No. 177 Ave 53.2 S.D. 3.6 C.V. 6.8
 Sample No. 178 Ave 61.5 S.D. 3.5 C.V. 5.7

Labs eliminated: 8, 407, 2463, 2477, 2621

**CCRL Proficiency Sample Program
Dicalcium Silicate
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



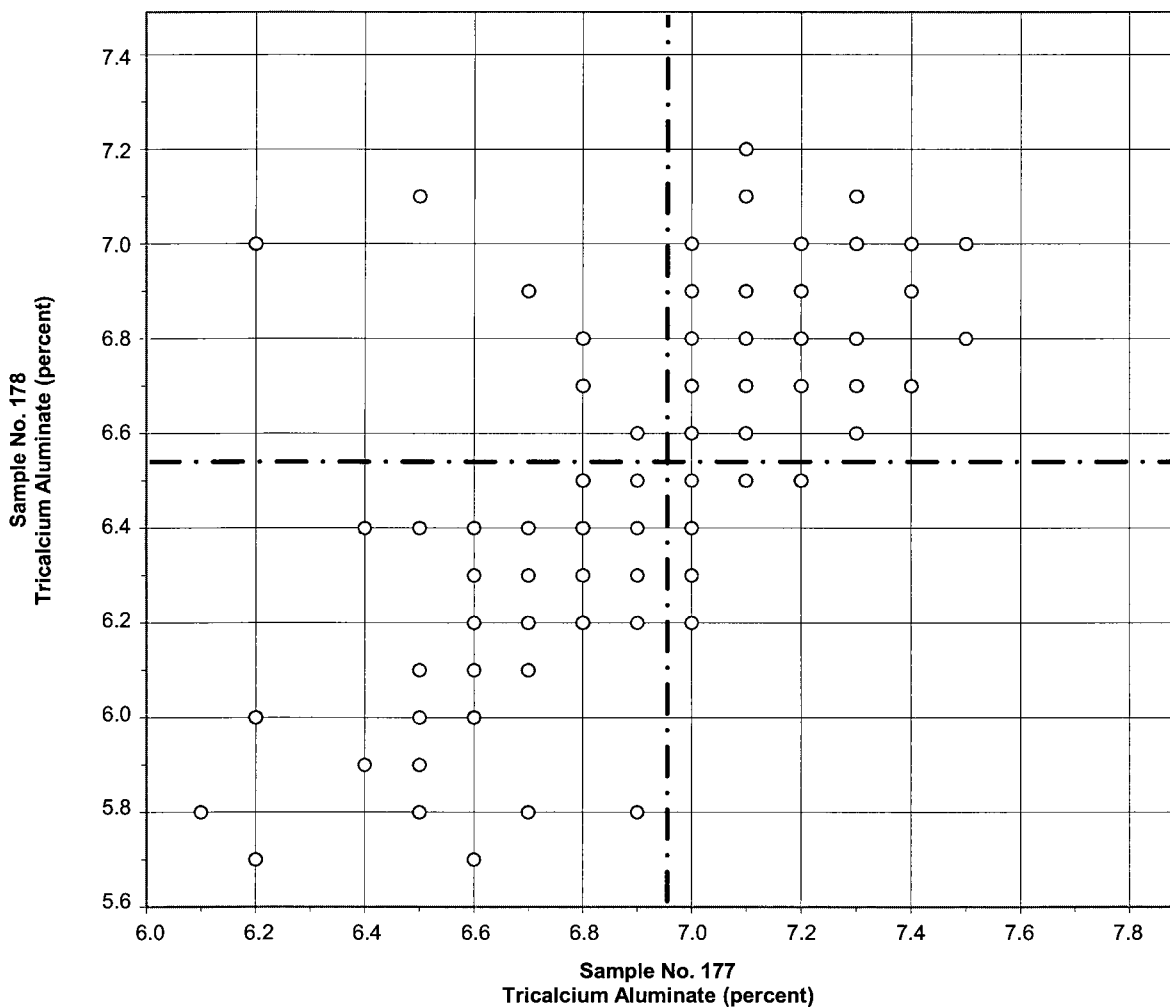
Test No. 107 Dicalcium Silicate 165 Points

Sample No. 177 Ave 19.0 S.D. 3.1 C.V. 16.4

Sample No. 178 Ave 9.4 S.D. 2.9 C.V. 31.2

Labs eliminated: 93, 2463, 2621

**CCRL Proficiency Sample Program
Tricalcium Aluminate
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**

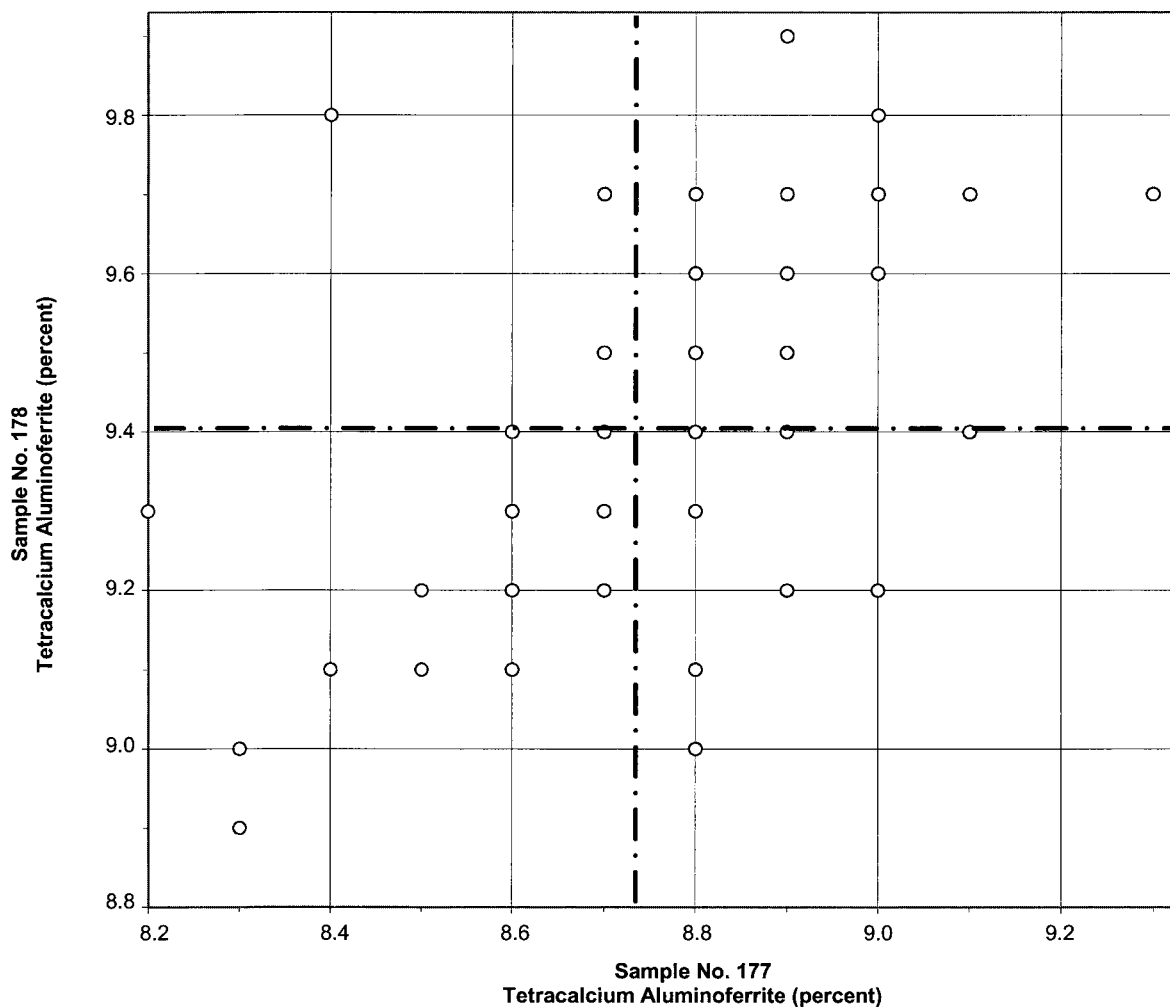


Test No. 108 Tricalcium Aluminate 186 Points

Sample No. 177 Ave 7.0 S.D. 0.3 C.V. 3.6
 Sample No. 178 Ave 6.5 S.D. 0.3 C.V. 4.5

Labs eliminated: 124, 289, 2464, 2491, 38, 975, 2463, 3454

**CCRL Proficiency Sample Program
Tetracalcium Aluminoferrite
PORTLAND CEMENT Samples No. 177 and No. 178**



Test No. 109 Tetracalcium Aluminoferrite 179 Points

Sample No. 177 Ave 8.7 S.D. 0.2 C.V. 1.8

Sample No. 178 Ave 9.4 S.D. 0.2 C.V. 1.8

Labs eliminated: 66, 209, 124, 206, 289, 407, 504, 696, 2491, 3454

Labs off Diagram: 165, 502

ANEXO II
Classificações do Laboratório Químico (LNEC)

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 155 & 156

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 155 | 156 | 155 | 156 | 155 | 156 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 20.58 | 20.26 | 20.45 | 20.17 | 5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 5.14 | 5.89 | 5.00 | 5.72 | 4 | 4 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 3.32 | 2.16 | 3.34 | 2.21 | -5 | -4 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 65.06 | 63.52 | 64.91 | 63.60 | 5 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 0.85 | 1.09 | 1.00 | 1.19 | -1 | -4 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.83 | -- | 2.85 | 3.27 | -5 | -- |
| Loss on Ignition | % | 1.50 | -- | 1.56 | 2.48 | -5 | -- |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.12 | 0.15 | 0.09 | 0.14 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.36 | 0.87 | 0.36 | 0.87 | -5 | -5 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | -- | -- | 0.24 | 0.34 | -- | -- |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | -- | -- | 0.18 | 0.11 | -- | -- |
| Zinc Oxide, ZnO | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | -- | -- | 0.02 | 0.06 | -- | -- |
| Chloride, Cl | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Insoluble Residue | % | 0.28 | -- | 0.21 | 0.51 | 5 | -- |
| Free Calcium Oxide | % | -- | -- | 1.86 | 1.23 | -- | -- |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Limestone Content | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ | @@ |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. * * No ratings assigned for any laboratory for this test.
4. @@ Tests not performed on this set of samples.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 159 & 160

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 159 | 160 | 159 | 160 | 159 | 160 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 20.19 | 20.66 | 20.03 | 20.51 | 5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 5.20 | 5.30 | 5.10 | 5.12 | 5 | 3 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 1.99 | 3.59 | 1.99 | 3.62 | 5 | -5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 63.85 | 62.38 | 64.36 | 62.93 | -4 | -4 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 2.42 | 1.00 | 1.27 | 0.92 | 0 | 4 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 3.66 | 3.15 | 3.68 | 3.16 | -5 | -5 |
| Loss on Ignition | % | 2.56 | 2.40 | 2.65 | 2.48 | -4 | -4 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.142 | 0.077 | 0.120 | 0.065 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.54 | 0.75 | 0.51 | 0.75 | 2 | 5 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.25 | 0.31 | 0.26 | 0.23 | -5 | 0 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.15 | 0.26 | 0.16 | 0.28 | -5 | -3 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | -- | -- | 0.014 | 0.012 | -- | -- |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.027 | 0.118 | 0.030 | 0.110 | -4 | 0 |
| Chloride, Cl | % | 0.001 | 0.005 | 0.004 | 0.006 | -5 | -5 |
| Insoluble Residue | % | 0.18 | 0.19 | 0.23 | 0.24 | -5 | -5 |
| Free Calcium Oxide | % | -- | -- | 1.07 | 1.14 | -- | -- |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | 1.51 | 1.50 | 1.35 | 1.33 | 5 | 5 |
| Limestone Content | % | 3.1 | 3.1 | 3.2 | 3.2 | -5 | -5 |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.010 | 0.015 | 0.007 | 0.010 | 5 | 4 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 58.3 | 47.2 | 58.8 | 48.3 | -5 | -5 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 13.9 | 23.6 | 13.1 | 22.3 | 5 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 10.4 | 8.0 | 10.1 | 7.5 | 5 | 3 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 6.1 | 10.9 | 6.0 | 11.0 | 5 | -5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. ** No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 161 & 162

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 161 | 162 | 161 | 162 | 161 | 162 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 20.43 | 20.41 | 20.36 | 20.34 | 5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 5.23 | 4.90 | 5.18 | 4.75 | 5 | 3 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 3.62 | 3.47 | 3.66 | 3.53 | -5 | -5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 64.21 | 61.79 | 63.89 | 61.89 | 5 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 1.06 | 3.38 | 1.17 | 3.55 | -3 | -3 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.73 | 3.03 | 2.73 | 3.00 | -5 | 5 |
| Loss on Ignition | % | 1.54 | 1.87 | 1.67 | 2.00 | -3 | -4 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.119 | 0.119 | 0.094 | 0.127 | 5 | -5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.62 | 0.48 | 0.63 | 0.53 | -5 | -1 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.24 | 3 | -5 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.251 | 0.061 | 0.237 | 0.064 | 5 | -5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.011 | 0.049 | 0.011 | 0.049 | -5 | 5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.198 | 0.187 | 0.198 | 0.184 | 5 | 5 |
| Chloride, Cl | % | 0.023 | 0.014 | 0.017 | 0.009 | 5 | 5 |
| Insoluble Residue | % | 0.50 | 0.48 | 0.52 | 0.47 | -5 | 5 |
| Free Calcium Oxide | % | 1.38 | 0.33 | 1.41 | 0.53 | -5 | -4 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | ## | 1.34 | ## | 1.25 | ## | 5 |
| Limestone Content | % | ## | 3.3 | ## | 2.9 | ## | 5 |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.018 | 0.019 | 0.018 | 0.018 | -5 | 5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 58.0 | 42.9 | 56.9 | 47.0 | 5 | -4 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 25.2 | 26.1 | 15.5 | 22.9 | 0 | 4 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 7.7 | 7.1 | 7.5 | 6.6 | 5 | 3 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 11.0 | 10.6 | 11.1 | 10.7 | -5 | -5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. - - No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. * * No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 163 & 164

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|------|
| | | 163 | 164 | 163 | 164 | 163 | 164 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 20.53 | 20.26 | 20.59 | 20.20 | -5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 5.06 | 5.34 | 4.93 | 5.13 | 5 | 3 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 2.84 | 4.26 | 2.75 | 4.24 | 3 | 5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 63.93 | 63.52 | 63.94 | 63.64 | -5 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 1.90 | 1.07 | 1.87 | 1.06 | 5 | 5 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.89 | 3.65 | 2.88 | 3.58 | 5 | 5 |
| Loss on Ignition | % | 1.35 | 1.00 | 1.44 | 1.09 | -5 | -4 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.219 | 0.054 | 0.196 | 0.058 | 5 | -5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.61 | 0.31 | 0.68 | 0.38 | 0 | 0 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.30 | 0.35 | 0.30 | 0.33 | -5 | 4 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.230 | 0.088 | 0.214 | 0.093 | 3 | -5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.043 | 0.061 | 0.042 | 0.062 | 5 | -5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.032 | 0.067 | 0.034 | 0.069 | -5 | -5 |
| Chloride, Cl | % | 0.006 | 0.004 | 0.006 | 0.004 | 5 | -5 |
| Insoluble Residue | % | 0.26 | 0.20 | 0.24 | 0.18 | 5 | 5 |
| Free Calcium Oxide | % | 0.93 | 0.87 | 0.63 | 0.60 | 3 | 4 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | ## | null | ## | null | ## | null |
| Limestone Content | % | ## | null | ## | null | ## | null |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.012 | 0.013 | 0.013 | 0.013 | -5 | 5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 58.2 | 51.7 | 58.5 | 54.7 | -5 | -4 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 14.9 | 19.1 | 14.8 | 16.5 | 5 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 8.6 | 6.9 | 8.4 | 6.4 | 5 | 4 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 8.6 | 12.9 | 8.4 | 12.9 | 4 | 5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. ** No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 165 & 166

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 165 | 166 | 165 | 166 | 165 | 166 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 20.67 | 18.91 | 20.63 | 19.04 | 5 | -5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 4.42 | 5.35 | 4.49 | 5.26 | -5 | 5 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 2.88 | 2.38 | 2.90 | 2.38 | -5 | 5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 62.85 | 63.54 | 62.65 | 63.49 | 5 | 5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 2.58 | 2.16 | 2.59 | 2.08 | -5 | 4 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 3.24 | 3.67 | 3.23 | 3.68 | 5 | -5 |
| Loss on Ignition | % | 2.06 | 2.36 | 2.14 | 2.40 | -5 | -5 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.184 | 0.174 | 0.160 | 0.156 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.71 | 1.21 | 0.72 | 1.17 | -5 | 4 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.23 | 0.22 | 0.23 | 0.22 | 5 | -5 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.129 | 0.137 | 0.139 | 0.139 | -4 | -5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.014 | 0.013 | 0.014 | 0.013 | -5 | -5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.206 | 0.051 | 0.204 | 0.055 | 5 | -5 |
| Chloride, Cl | % | 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.009 | 5 | 5 |
| Insoluble Residue | % | 0.51 | 0.28 | 0.45 | 0.17 | 5 | 4 |
| Free Calcium Oxide | % | 1.02 | 1.30 | 0.77 | 0.97 | 4 | 4 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | 1.73 | 2.01 | 1.47 | 1.77 | 4 | 5 |
| Limestone Content | % | 4.9 | 4.8 | 4.1 | 4.1 | 5 | 4 |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.026 | 0.011 | 0.026 | 0.011 | 5 | 5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 46.7 | 54.7 | 49.1 | 57.6 | -5 | -5 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 24.0 | 12.9 | 22.1 | 11.1 | 5 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 6.8 | 10.2 | 7.0 | 9.9 | -5 | 5 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 8.8 | 7.2 | 8.8 | 7.2 | -5 | -5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. * * No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 167 & 168

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 167 | 168 | 167 | 168 | 167 | 168 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 19.25 | 19.94 | 19.29 | 19.91 | -5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 5.94 | 4.99 | 5.92 | 5.11 | 5 | -4 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 2.28 | 2.13 | 2.44 | 2.14 | 0 | -5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 61.86 | 62.36 | 61.64 | 62.28 | 5 | 5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 3.09 | 3.78 | 3.11 | 3.88 | -5 | -5 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 4.45 | 3.51 | 4.39 | 3.48 | 5 | 5 |
| Loss on Ignition | % | 0.76 | 0.83 | 0.84 | 0.86 | -4 | -5 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.360 | 0.212 | 0.355 | 0.226 | 5 | -5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 1.07 | 1.23 | 1.07 | 1.23 | 5 | 5 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.24 | 0.20 | 0.24 | 0.20 | 5 | -5 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.259 | 0.191 | 0.240 | 0.191 | 3 | 5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.013 | 0.014 | 0.013 | 0.014 | 5 | 5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.099 | 0.088 | 0.098 | 0.089 | 5 | -5 |
| Chloride, Cl | % | 0.007 | 0.004 | 0.006 | 0.004 | 5 | -5 |
| Insoluble Residue | % | 0.38 | 0.34 | 0.27 | 0.33 | 4 | 5 |
| Free Calcium Oxide | % | 0.98 | 1.28 | 0.43 | 0.70 | 2 | 2 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | -- | -- | ## | ## | ## | ## |
| Limestone Content | % | -- | -- | ## | ## | ## | ## |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.012 | 0.011 | 0.012 | 0.011 | 5 | 5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 49.7 | 55.7 | 48.7 | 54.8 | 5 | 5 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 17.7 | 15.1 | 18.6 | 15.8 | -5 | -5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 11.9 | 9.6 | 11.5 | 9.9 | 5 | -5 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 6.9 | 6.5 | 7.4 | 6.5 | 0 | -5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. ** No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 169 & 170

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 169 | 170 | 169 | 170 | 169 | 170 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 22.25 | 21.78 | 22.07 | 21.71 | 5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 3.44 | 3.76 | 3.17 | 3.77 | 3 | -5 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 3.64 | 2.47 | 3.70 | 2.48 | -5 | -5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 63.49 | 64.21 | 63.47 | 64.32 | 5 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 2.01 | 1.44 | 2.00 | 1.44 | 5 | -5 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.19 | 2.75 | 2.15 | 2.75 | 5 | 5 |
| Loss on Ignition | % | 2.14 | 2.66 | 2.30 | 2.78 | -4 | -4 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.213 | 0.105 | 0.201 | 0.092 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.42 | 0.60 | 0.43 | 0.63 | -5 | -4 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.23 | 0.17 | 0.23 | 0.17 | 5 | 5 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.142 | 0.067 | 0.135 | 0.074 | 5 | -5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.108 | 0.006 | 0.110 | 0.008 | -5 | -5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.112 | 0.043 | 0.111 | 0.045 | 5 | -5 |
| Chloride, Cl | % | 0.005 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 5 | -5 |
| Insoluble Residue | % | 0.34 | 0.77 | 0.28 | 0.56 | 5 | 2 |
| Free Calcium Oxide | % | 1.68 | 1.76 | 1.36 | 1.36 | 4 | 4 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | 1.88 | 2.13 | 1.66 | 1.88 | 5 | 5 |
| Limestone Content | % | 4.3 | 5.5 | 3.8 | 4.8 | 5 | 5 |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.012 | 0.007 | 0.013 | 0.008 | -5 | -5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 45.1 | 48.2 | 51.1 | 52.4 | -4 | -5 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 29.8 | 26.1 | 24.5 | 22.4 | 4 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 3.0 | 5.8 | 2.1 | 5.8 | 2 | 5 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 11.1 | 7.5 | 11.3 | 7.6 | -5 | -5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. ** No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 171 & 172

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 171 | 172 | 171 | 172 | 171 | 172 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 21.23 | 19.28 | 21.19 | 19.30 | 5 | -5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 4.37 | 4.76 | 4.16 | 4.66 | 3 | 5 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 4.49 | 2.85 | 4.53 | 2.93 | -5 | -3 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 63.66 | 61.62 | 63.60 | 61.78 | 5 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 2.02 | 4.55 | 2.06 | 4.74 | -5 | -3 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.22 | 3.17 | 2.24 | 3.21 | -5 | -5 |
| Loss on Ignition | % | 1.04 | 2.04 | 1.02 | 2.09 | 5 | -5 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.049 | 0.266 | 0.065 | 0.267 | -5 | -5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.73 | 1.04 | 0.70 | 0.94 | 3 | 0 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.22 | 0.26 | 0.22 | 0.26 | -5 | -5 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.057 | 0.116 | 0.064 | 0.111 | -4 | 5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.015 | 0.004 | 0.016 | 0.004 | -5 | -5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.048 | 0.087 | 0.050 | 0.088 | -5 | -5 |
| Chloride, Cl | % | 0.007 | 0.009 | 0.008 | 0.008 | -5 | 5 |
| Insoluble Residue | % | 0.20 | 0.42 | 0.21 | 0.44 | -5 | -5 |
| Free Calcium Oxide | % | -- | -- | 0.88 | 1.04 | -- | -- |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | -- | 1.72 | ## | 1.38 | ## | 2 |
| Limestone Content | % | -- | 4.0 | ## | 3.1 | ## | 0 |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.010 | 0.008 | 0.011 | 0.009 | -5 | -5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 55.7 | 50.3 | 57.0 | 54.4 | -5 | -4 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 18.8 | 17.3 | 17.8 | 14.1 | 5 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 4.0 | 7.8 | 3.4 | 7.4 | 2 | 4 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 13.7 | 8.7 | 13.8 | 8.9 | -5 | -3 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. * * No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 173 & 174

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 173 | 174 | 173 | 174 | 173 | 174 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 19.99 | 20.77 | 20.01 | 20.75 | -5 | 5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 4.72 | 3.86 | 4.49 | 3.71 | 2 | 4 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 2.56 | 3.51 | 2.62 | 3.62 | -4 | -2 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 62.69 | 62.53 | 62.45 | 62.43 | 5 | 5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 2.96 | 4.66 | 3.03 | 4.83 | -4 | -3 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 4.16 | 2.66 | 4.10 | 2.64 | 5 | 5 |
| Loss on Ignition | % | 1.89 | 1.05 | 2.02 | 1.14 | -4 | -4 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.310 | 0.206 | 0.309 | 0.189 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.40 | 0.39 | 0.45 | 0.43 | 0 | -1 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | 0.27 | 0.21 | 0.27 | 0.21 | -5 | -5 |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | 0.200 | 0.064 | 0.192 | 0.067 | 5 | -5 |
| Zinc Oxide, ZnO | % | 0.024 | 0.013 | 0.024 | 0.014 | -5 | -5 |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | 0.061 | 0.074 | 0.060 | 0.073 | 5 | 5 |
| Chloride, Cl | % | 0.028 | 0.006 | 0.023 | 0.004 | 5 | 5 |
| Insoluble Residue | % | 0.35 | 0.24 | 0.36 | 0.26 | -5 | -5 |
| Free Calcium Oxide | % | 1.83 | 1.15 | 1.65 | 1.04 | 5 | 5 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | 1.20 | -- | 0.57 | ## | 1 | ## |
| Limestone Content | % | 2.9 | -- | 1.1 | ## | 0 | ## |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | 0.009 | 0.005 | 0.009 | 0.006 | -5 | -5 |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 49.8 | 58.2 | 53.8 | 58.4 | -3 | -5 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 19.7 | 15.7 | 16.8 | 15.6 | 4 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 8.2 | 4.3 | 7.4 | 3.7 | 1 | 3 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 7.8 | 10.7 | 8.0 | 11.0 | -4 | -2 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. ** No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 175 & 176

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 175 | 176 | 175 | 176 | 175 | 176 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 17.57 | 19.01 | 17.68 | 19.05 | -5 | -5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 5.15 | 5.60 | 5.29 | 5.71 | -5 | -4 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 2.33 | 2.69 | 2.39 | 2.70 | -4 | -5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 60.31 | 61.78 | 61.31 | 61.92 | -4 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 3.69 | 2.53 | 3.74 | 2.48 | -5 | 5 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.82 | 4.30 | 2.88 | 4.35 | -5 | -5 |
| Loss on Ignition | % | 5.71 | 1.64 | 5.80 | 1.70 | -5 | -5 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.345 | 0.315 | 0.329 | 0.315 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.75 | 0.98 | 0.81 | 1.01 | -2 | -4 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | -- | -- | 0.31 | 0.25 | -- | -- |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | -- | -- | 0.227 | 0.255 | -- | -- |
| Zinc Oxide, ZnO | % | -- | -- | 0.010 | 0.074 | -- | -- |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | -- | -- | 0.093 | 0.080 | -- | -- |
| Chloride, Cl | % | -- | -- | 0.024 | 0.014 | -- | -- |
| Insoluble Residue | % | 0.37 | 0.18 | 0.38 | 0.21 | -5 | -5 |
| Free Calcium Oxide | % | -- | -- | 0.93 | 0.49 | -- | -- |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | -- | -- | ## | ## | ## | ## |
| Limestone Content | % | -- | -- | ## | ## | ## | ## |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | -- | -- | 0.011 | 0.009 | -- | -- |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 66.0 | 53.3 | 68.0 | 52.4 | ** | ** |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 0.6 | 14.3 | -0.2 | 15.1 | ** | ** |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 9.7 | 10.3 | 9.9 | 10.5 | ** | ** |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 7.1 | 8.2 | 7.3 | 8.2 | ** | ** |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more S.D. on one or both samples.
3. ** No ratings assigned for any laboratory for this test.

RESULTS FOR LABORATORY NO. 2492
 CCRL Portland Cement Chemical Proficiency Sample Nos. 177 & 178

| TEST TITLE | UNIT | LAB DATA | | AVERAGES | | RATINGS | |
|---|------|----------|-------|----------|-------|---------|-----|
| | | 177 | 178 | 177 | 178 | 177 | 178 |
| Silicon Dioxide, SiO ₂ | % | 20.82 | 19.47 | 20.72 | 19.53 | 5 | -5 |
| Aluminum Oxide, Al ₂ O ₃ | % | 4.57 | 4.42 | 4.46 | 4.44 | 4 | -5 |
| Ferric Oxide, Fe ₂ O ₃ | % | 2.83 | 3.05 | 2.87 | 3.09 | -5 | -5 |
| Calcium Oxide, CaO | % | 63.66 | 63.44 | 63.58 | 63.68 | 5 | -5 |
| Magnesium Oxide, MgO | % | 2.26 | 2.49 | 2.26 | 2.50 | -5 | -5 |
| Sulfur Trioxide, SO ₃ | % | 2.71 | 3.38 | 2.70 | 3.38 | 5 | 5 |
| Loss on Ignition | % | 2.02 | 2.70 | 2.12 | 2.72 | -5 | -5 |
| Sodium Oxide, Na ₂ O | % | 0.191 | 0.127 | 0.175 | 0.120 | 5 | 5 |
| Potassium Oxide, K ₂ O | % | 0.55 | 0.49 | 0.56 | 0.50 | -5 | -5 |
| Titanium Dioxide, TiO ₂ | % | -- | -- | 0.32 | 0.24 | -- | -- |
| Phosphorus Pentoxide, P ₂ O ₅ | % | -- | -- | 0.141 | 0.090 | -- | -- |
| Zinc Oxide, ZnO | % | -- | -- | 0.027 | 0.006 | -- | -- |
| Manganic Oxide, Mn ₂ O ₃ | % | -- | -- | 0.038 | 0.026 | -- | -- |
| Chloride, Cl | % | 0.009 | 0.016 | 0.007 | 0.014 | 5 | 5 |
| Insoluble Residue | % | 0.40 | 0.28 | 0.40 | 0.29 | -5 | -5 |
| Free Calcium Oxide | % | 0.53 | 1.34 | 0.59 | 1.26 | -5 | 5 |
| Carbon Dioxide, CO ₂ | % | 1.63 | 1.46 | 1.53 | 1.27 | 5 | 5 |
| Limestone Content | % | 4.0 | 3.7 | 3.7 | 3.2 | 5 | 5 |
| Chromium Oxide, Cr ₂ O ₃ | % | -- | -- | 0.010 | 0.007 | -- | -- |
| Tricalcium Silicate, C ₃ S | % | 50.0 | 59.0 | 53.2 | 61.5 | -5 | -5 |
| Dicalcium Silicate, C ₂ S | % | 22.0 | 11.3 | 19.0 | 9.4 | 5 | 5 |
| Tricalcium Aluminate, C ₃ A | % | 7.3 | 6.6 | 7.0 | 6.5 | 4 | 5 |
| Tetracalcium Aluminoferrite, C ₄ AF | % | 8.6 | 9.3 | 8.7 | 9.4 | -5 | -5 |

The following table details the relationship between the ratings and the averages.

| Ratings (± 5 is Best, ± 1 is Worst) | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-------------|----------|----------|----------|---------------|
| Range (Number of S.D.s) | Less than 1 | 1 to 1.5 | 1.5 to 2 | 2 to 2.5 | More than 2.5 |
| # of Labs Per 100 achieving this rating | 69 | 18 | 9 | 3 | 1 |

Notes

1. -- No data or invalid data on one or both samples.
2. A rating of zero (0) indicates the data was excluded due to a deviation of three or more **S.D.** on one or both samples.
3. * * No ratings assigned for any laboratory for this test.

