

### 3. PRINCIPALES MATERIALES UTILIZADOS EN LAS MISIONES JESUÍTICAS DE LOS GUARANÍES

A. Elena Charola y Marcelo L. Magadán

#### 1. Piedras

La arenisca está formada por granos de arena (cuarzo) cementados por un material que puede ser silíceo, arcilloso y ferruginoso (óxidos de hierro). La coloración más o menos roja se debe a la presencia de estos óxidos.

El asperón rojo de Misiones, puede presentarse en diferentes variedades. Si la matriz es silíceo, se denomina una “cuarcita” y presenta una fractura concooidal.

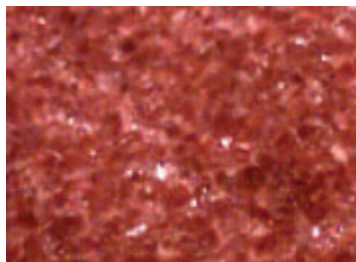


Fig. 1 (izq). Vista magnificada (60x) de una superficie de fractura de la cuarcita.

*Vista ampliada (60x) de una superficie de fractura do quartzito.*

La arenisca maciza, localmente llamada masiva, no tiene su cemento tan cristalizado y por lo tanto no presenta una fractura concooidal. Además el cemento contiene mayores proporciones de óxidos de hierro y arcillas. Nótese la diferencia entre las fotos de izquierda y derecha (Fig.1). En la cuarcita (izq.) no se notan los granos de arena pues el cemento es tan duro como ellos y los granos se fracturan. En la arenisca maciza, el cemento es mucho más blando y se fractura dejando los granos de arena intactos.

La arenisca llamada laja tiene una mayor proporción de arcillas, generalmente acumuladas en vetas paralelas, por lo que tiene tendencia a separarse a lo largo de estas vetas formando las “lajas”.

La piedra Itacurú, *hierro de los pantanos*, se origina en pantanos, posiblemente mediante la acción de micro-

### 3. PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NAS MISSÕES JESUÍTICAS DOS GUARANI

A. Elena Charola e Marcelo L. Magadán

#### 1. Pedras

O arenito é formado por grãos de areia (quartzo) cimentados por um material que pode ser silíceo, argiloso e ferruginoso (óxidos de ferro). A coloração mais ou menos vermelha se deve à presença destes óxidos.

O arenito rosa das Missões pode apresentar-se sob diferentes variedades. Se a matriz é silíceo, se denomina um “quartzito”, e apresenta uma fratura concooidal.

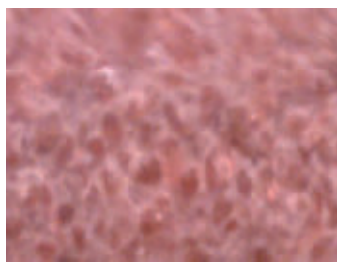


Fig. 1 (der). Vista magnificada (60x) de una superficie de fractura del asperón macizo.

*Vista ampliada (60x) de una superficie de fractura do arenito compacto.*

O arenito de estrutura compacta não tem o seu cimento tão cristalizado, por isso não tem fratura concooidal. Além disso, o cimento contém maiores proporções de óxidos de ferro e argilas. Veja-se a diferença entre as fotos da esquerda e direita (Fig.1). No quartzito (esq.) não se notam os grãos de areia, pois o cimento é tão duro como eles e os grãos se fraturam. No arenito compacto, o cimento é muito mais mole e se fractura deixando os grãos de areia intactos.

O arenito de estrutura laminar possui uma proporção maior de argilas, geralmente acumuladas em veios paralelos, razão pela qual tem a tendência de separar-se ao longo destes veios, formando lajes.

A pedra Itacuru -*ferro dos pântanos*- origina-se em áreas pantanosas, possivelmente por ação de microorganismos. É constituída por oólitos de



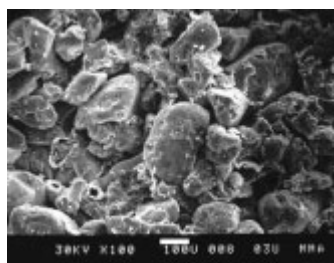


Fig. 2 (izq). Vista en microscopio de barrido electrónico (MEB) del asperón macizo. Se ven los granos de arena recubiertos con óxidos de hierro (hematita) y arcillas ferruginosas (100x).

*Vista em microscópio eletrônico de varredura (MEV) do arenito compacto. Observam-se os grãos de areia recobertos com óxidos de ferro (hematita) e argilas ferruginosas (100x)*

organismos. Está constituida por oolitas de óxidos de hierro (hematita-goethita) y granos de cuarzo.

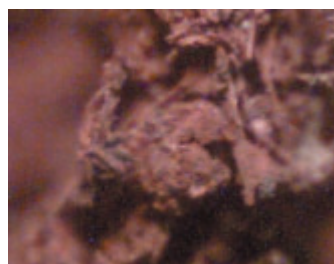


Fig. 3 (izq). Vista magnificada (60x) de una superficie expuesta del Itacurú.

*Vista ampliada (60x) de uma superfície exposta do Itacuru.*

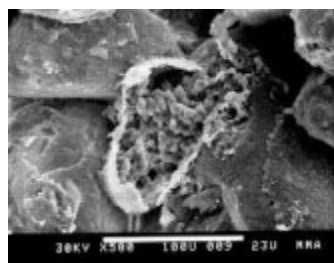


Fig. 2 (der). Detalle a mayor magnificación de un nódulo de hematita de la foto izquierda (500x).

*Detalhe ampliado de um nódulo de hematita da foto à esquerda (500x).*

óxidos de ferro (hematita-goethita) e grãos de quartzo.



Fig. 3 (der). Vista magnificada (60x) de una superficie de corte.

*Vista ampliada (60x) de uma superfície de corte.*

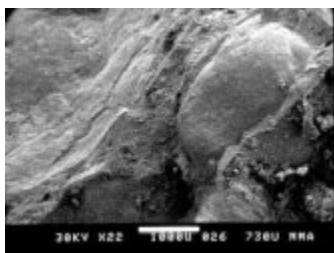


Fig. 4 (izq). Vista en MEB de una oolita de óxidos de hierro en el itacurú (22x).

*Vista em MEV de um oólito de óxidos de ferro no itacuru (22x).*

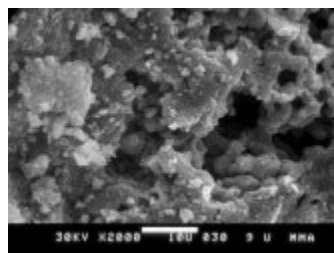


Fig. 4 (der). Detalle a mayor magnificación de la microestructura de la hematita (2000x).

*Detalhe ampliado da microestrutura da hematita (2000x).*

En muchos de los mampuestos, tanto de arenisca como del itacurú, usados en las construcciones de las Misiones, se puede observar una pátina negra, más o menos brillante, que se forma por intemperismo natural. La pátina resulta de la migración hacia la superficie de iones hierro y manganeso

Em muitas das alvenarias, tanto de arenito como de itacuru, usados nas construções das Missões, pode-se observar uma pátina negra, mais ou menos brilhante, que se forma naturalmente pelo intemperismo. A pátina resulta da migração para a superfície de íons de ferro e manganês presentes



presentes en las piedras, posiblemente con ayuda de micro-organismos, formando una película de óxidos metálicos de hierro o manganeso, tales como la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) o la pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ).



A veces, la pátina no es tan brillante, como en los ejemplos de mampuestos de asperón o itacurú en San Ignacio Miní, Argentina.

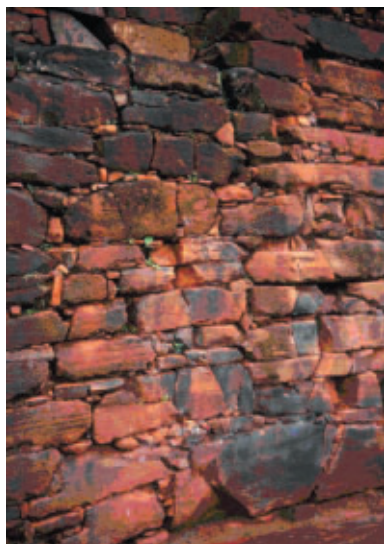


Fig. 6 (izq). Pátina negra. Mampuestos de asperón, San Ignacio Miní, Argentina. Nótese que la pátina es más brillante en la parte inferior del muro donde generalmente hay más humedad.

*Pátina negra. Alvenarias de arenito, San Ignacio Miní, Argentina. Verifique-se que a pátina é mais brilhante na parte inferior do muro onde existe maior umidade.*

nas pedras, possivelmente com ajuda de microorganismos, formando uma película de óxidos metálicos de ferro ou de manganês, tais como a hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ou a pirolusita ( $\text{MnO}_2$ ).



Fig. 5 (der). Detalle de una de las manchas laterales.

*Pátina negra brilhante no arenito rosa da porta do lado Evangelho da Igreja de São Miguel, Brasil. Verifica-se que a pátina negra está mais desenvolvida em zonas de maior umidade.*

Fig. 5 (der). Detalle de una de las manchas laterais.

Às vezes, a pátina não é tão brilhante, como nos exemplos de alvenarias de arenito ou de itacuru em San Ignacio Miní, Argentina.



Fig. 6 (der). Pátina negra. Mampuestos de itacurú, San Ignacio Miní.

*Pátina negra. Alvenarias de itacurú, San Ignacio Miní.*



Estas pátinas, vistas bajo un microscopio electrónico, presentan una superficie lisa, a veces más granular.

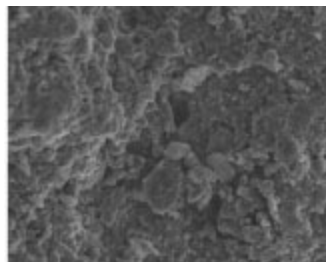


Fig. 7 (izq). Vista en MEB de la pátina negra brillante de São Miguel, Brasil (magnificación 1000x).  
*Vista em MEB da pátina negra brilhante de São Miguel, Brasil (ampliação 1000x).*

Estas pátinas, vistas em um microscópio eletrônico, apresentam uma superfície lisa, às vezes mais granular.

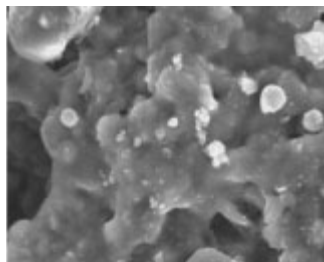


Fig. 7 (der). Detalle de la foto izquierda mostrando el aspecto típico de óxidos metálicos (magnificación 5000x).  
*Detalhe da foto à esquerda mostrando o aspecto típico dos óxidos metálicos (ampliação 5000x).*

El aspecto granular de la pátina de São Miguel es típico de óxidos metálicos, mientras que la de San Ignacio presenta fracturas en la superficie de un biofilm confirmando la contribución biológica en la formación de la pátina.

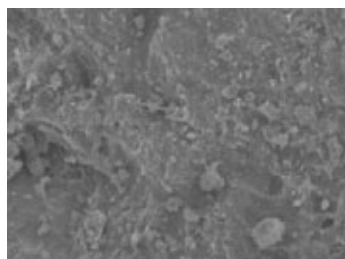


Fig. 8 (izq). Vista en MEB de la pátina negra opaca de San Ignacio Miní, Argentina (magnificación 1000x).  
*Vista em MEB da pátina negra opaca de San Ignacio Miní Argentina (ampliação 1000x).*

O aspecto granular da pátina de São Miguel é típico dos óxidos metálicos, enquanto que a de San Ignacio apresenta fraturas na superfície de um biofilme, confirmando a contribuição biológica na formação da pátina.

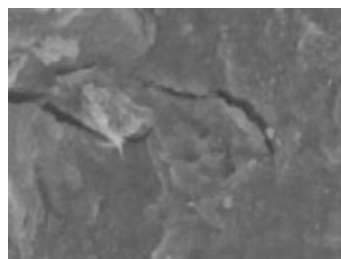


Fig. 8 (der). Detalle de la foto izquierda mostrando unas fracturas en un biofilm (magnificación 5000x).  
*Detalhe da foto esquerda mostrando fraturas em um biofilme (ampliação 5000x).*

Otro de los deterioros típicos en las misiones es el que resulta por la acción del fuego, ilustrado en las fotos siguientes de la misión de Santa Ana, Argentina.

En los incendios, las columnas de madera portantes del techo fueron ardiendo y por su localización en un nicho de la mampostería, deterioraron los mampuestos que presentan un aspecto redondeado, debido a la fractura concoidal que sufren las piedras por el intenso efecto del calor.

Outra das deteriorações típicas das missões é a que resulta da ação do fogo, ilustrado nas imagens seguintes da missão de Santa Ana, Argentina.

Nos incêndios, as colunas de madeira portantes da cobertura entraram em combustão e, por sua localização em um nicho na alvenaria, deterioraram os blocos, que apresentam um aspecto arredondado, devido à fratura concooidal (esferoidal) que sofrem as pedras pelo intenso efeito do calor.







Fig. 9 (izq). Fracturas por incendio de columnas de madera en Santa Ana, Argentina.

*Fraturas por incêndio de colunas de madeira em Santa Ana, Argentina.*

## 2. Otros Materiales en las Misiones

La información que se presenta a continuación es básica y general de los materiales pues aún se ha de realizar un estudio que compilando toda la información de archivos y documentos también integre los resultados de análisis científicos de los diversos restos de materiales que todavía se encuentran en las varias Misiones.

### 2.1 Madera

De acuerdo a la información histórica, sabemos que la madera en la arquitectura de las Misiones fue utilizada con fines estructurales y para la construcción de cerramientos, tales como ventanas y puertas.

Estructuralmente hablando, en madera se ejecutaron las columnas que soportaban los techos, así como las vigas y demás elementos que los conformaban. También en madera se resolvieron los dinteles de las aberturas.

De acuerdo a los textos históricos sabemos que la madera más utilizada es la de Urunday (*Astronium balansae*). Sería necesario realizar una identificación en campo de los restos originales subsistentes a fin de contrastar y ampliar esta información.



Fig. 9 (der). Detalle mostrando la fractura concoidal de los bloques de asperón.

*Detalhe mostrando a fratura concoidal dos blocos do arenito.*

## 2. Outros Materiais nas Missões

A informação que se apresenta a seguir é básica e genérica sobre os materiais, pois ainda se deve realizar um estudo que, compilando toda a informação de arquivos e documentos, também integre os resultados das análises científicas dos diversos remanescentes materiais que ainda se encontram nas várias Missões.

### 2.1 Madeira

De acordo com a informação histórica, sabemos que a madeira foi utilizada na arquitetura das Missões com fins estruturais e para a construção de fechamento de vãos, como janelas e portas.

Estruturalmente falando, se executavam em madeira as colunas que suportavam os telhados, assim como as vigas e todos os elementos que os conformavam. Também em madeira se executavam as vergas das aberturas.

De acordo com os textos históricos, sabemos que a madeira mais utilizada é a de Urunday – Pau ferro (*Astronium balansae*). Seria necessário realizar uma identificação em campo dos remanescentes originais subsistentes, a fim de comparar e ampliar esta informação.





Fig. 10 - Dintel de la restauración realizada por el Arqto. Carlos Onetto entre 1940 y 1948. San Ignacio Miní, Argentina.  
*Verga da restauração realizada pelo Arq. Carlos Onetto nos anos 1940 e 1948. San Ignacio Miní, Argentina.*



Fig. 11 - Dintel a punto de colapsar por el deterioro de la madera. San Ignacio Miní.  
*Verga em risco de colapso pela deterioração da madeira. San Ignacio Miní.*



Fig. 12 - Columna esquinera perteneciente a una de las "casas de indios". Santísima Trinidad, Paraguay.  
*Coluna do cunhal de uma das "casa de indios". Santísima Trinidad, Paraguai.*

## 2.2 Adobe

El adobe se prepara, en términos generales, en base a una mezcla de arcilla, limo y arena. Dependiendo de la consistencia de la mezcla, se puede adicionar grava fina y fibras vegetales y/o animales, tales como paja, crin de caballo, etc.

La clasificación de un suelo de granulometría fina como suelo arcilloso o como suelo limoso no se basa exclusivamente en el tamaño de sus partículas sino que toma en cuenta la plasticidad del material. Un suelo arcilloso mezclado con agua es plástico dentro de un amplio rango de contenido de agua. No es así con un suelo limoso. La diferencia de comportamiento se debe a la composición mineralógica y la forma de las partículas que lo componen.

Se dice que un suelo es plástico cuando su mezcla con agua se puede moldear, remodelar o deformar sin agrietarse, romperse o cambiar de volumen, manteniendo la forma moldeada. Las arcillas son frecuentemente "pegajosas". Una vez seco el producto tiene buena resistencia.

## 2.2 Adobe

O adobe se prepara basicamente misturando argila, lama e areia. Dependadendo da consistência da mistura, pode-se adicionar cascalho fino e fibras vegetais e/ou animais, tais como palha, crina de cavalo, etc.

A classificação de um solo de granulometria fina como solo argiloso ou lamacento não se baseia exclusivamente no tamanho de suas partículas, mas também na plasticidade do material. Um solo argiloso misturado com água é plástico, dentro de uma ampla escala de conteúdo de água. Não ocorre o mesmo com um solo lamacento. A diferença de comportamento se deve à composição mineralógica e à forma das partículas que o compõem.

Diz-se que um solo é plástico quando sua mistura com água se pode modelar, remodelar ou deformar sem rachar, romper ou mudar de volume, mantendo-se a forma modelada. As argilas são frequentemente "pegajosas". Uma vez seco, o produto tem boa resistência.



Localmente esta mezcla se denomina “ñauí” y fue utilizada en varias construcciones en Santa Ana, así como de mortero en San Ignacio Miní.

Na área das Missões, esta mistura se denomina “ñauí” e foi utilizado em várias construções em Santa Ana, assim como nas argamassas em San Ignacio Miní.

Partículas	Tamaño/Tamanho [mm]
Roca/Rocha	>256
Cantos/Seixos	256 - 64
Grava gruesa (guijarro)/Cascalho grosso	64 - 20
Grava fina/Cascalho fino (brita)	20 - 2
Arena gruesa/Areia grossa	2 - 0,6
Arena fina/Areia fina	0,2 - 0,06
Limo/Lama	0,06 - 0,02
Arcilla/Argila	< 0,02

Tabla 1. Clasificación granulométrica de suelos.

Tabela 1. Classificação granulométrica de solos.

El limo, así como las arenas y las gravas, está formado por partículas muy pequeñas de rocas desintegradas. Por lo tanto, estas minúsculas partículas tienen la misma forma y composición de arenas y gravas y no son plásticas.

Las arcillas son minerales formados por la intemperización de varias rocas tales como lavas, tobas, granitos, gneiss, esquistos, etc. Los cristales de las arcillas tienen forma plana, pseudo-hexagonal y son muy pequeños (<2 µm). Debido a la configuración molecular de los cristales, foliada en láminas alternadas de sílice (SiO<sub>2</sub>) y alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), las caras de estas laminillas tienen cargas negativas en las caras mientras los bordes quedan con carga positiva. El minúsculo tamaño de estos cristales resulta en una alta superficie específica, es decir la razón entre área y masa de la partícula, por lo que las cargas localizadas en la superficie tienen un gran efecto sobre el comportamiento de las partículas entre sí y el agua, que se evidencia en la plasticidad de la mezcla.

El principal factor de deterioro es el agua, siendo importante tener en cuenta que la altura aproximada de ascenso capilar es inversamente propor-

A lama, assim como as areias e os cascalhos, é formada por partículas muito pequenas de rochas desintegradas. Portanto, estas minúsculas partículas têm a mesma forma e composição de areias e cascalhos, e não são plásticas.

As argilas são minerais formados pelo intemperismo de várias rochas como lavas, tobas, granitos, gneiss, esquistos, etc. Os cristais das argilas têm forma plana, pseudo-hexagonal e são muito pequenas (<2 µm). Debido a configuração molecular dos cristais, folheada em lâminas alternadas de sílice (SiO<sub>2</sub>) e alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), as faces destas lamínulas têm cargas negativas, enquanto que as bordas têm cargas positivas. O tamanho minúsculo destes cristais resulta numa superfície específica alta, ou seja, a relação entre a área e a massa da partícula, o que faz com que as cargas localizadas na superfície tenham um grande efeito sobre o comportamento das partículas entre si e com a água, o que se evidencia na plasticidade da mistura.

O principal fator de deterioração é a água, sendo importante considerar que a altura aproximada de ascensão capilar é inversamente proporcional ao





cional al radio promedio de los capilares. La Tabla 2 da los valores aproximados de ascenso capilar para distintos tipos de suelos.

raio médio dos vasos capilares. A Tabela 2 dá os valores aproximados de ascensão capilar para diferentes tipos de solos.

Tipo de suelo Tipo de solo	Ascenso capilar: altura aproximada Ascensão capilar: altura aproximada
Grava fina/Cascalho fino (brita)	2 - 10 cm
Arena gruesa/Areia grossa	15 cm
Arena fina/Areia fina	30 - 100 cm
Limo/Lama	100 - 1000 cm

Tabla 2. Ascenso capilar aproximado para diferentes suelos

*Tabela 2. Ascensão capilar aproximada em diferentes solos.*

La presencia del agua facilita el transporte de sales solubles así como el desarrollo de la colonización biológica. Los mecanismos de deterioro son similares a los descritos en el siguiente capítulo (Capítulo 4).

A presença da água facilita o transporte de sais solúveis, assim como o desenvolvimento da colonização biológica. Os mecanismos de deterioração são similares aos descritos no próximo capítulo (Capítulo 4).



Fig. 13 izq. Restos de muros de adobe existentes en la Misión de Jesús de Taravangüe, Paraguay. Se ve el típico deterioro de la estructura por exposición a la lluvia.

*Remanescentes de muros de adobe na Missão de Jesus de Taravangüe, Paraguai. Deterioração típica da estrutura pela exposição à chuva*



Fig. 13 der. Detalle mostrando el interior del muro y la colonización biológica que acelera el deterioro.

*Detalhe mostrando o interior do muro e a colonização biológica que acelera a deterioração.*





## 2.3 Cerámicas

Se usaron cerámicas lisas o decoradas en los pisos de varias de las misiones así como tejas para algunos techados. La preparación de estas cerámicas se puede dividir en tres etapas:

- 1) moldeado en baldosas o tejas de una mezcla de arcilla, arena y agua;
- 2) secado de las baldosas o tejas;
- 3) cocción de las baldosas o tejas en hornos.

La mezcla de arcilla y agua provee la plasticidad necesaria para moldear el objeto. Al evaporar el agua, la arcilla contrae, por lo cual se agrega un inerte, tal como la arena, en la mezcla original para evitar una contracción excesiva y la formación de grietas. La cocción del objeto, que posiblemente no fue superior a los 500°C, elimina totalmente cualquier resto de agua lo que hace que la cerámica no se vuelva a “disolver” en presencia del agua.



Fig. 14. Tejas originales en la Misión de Jesús de Taravangüe, Paraguay.

*Telhas originaís na Missão de Jesus de Taravangüe, Paraguai.*

## 2.3 Cerâmicas

Foram utilizadas cerâmicas lisas ou decoradas nos pisos de várias das Missões, assim como telhas para algumas coberturas. A preparação destas cerâmicas pode ser dividida em três etapas:

- 1) modelagem de lajotas ou telhas com uma mistura de argila, areia e água;
- 2) secagem das lajotas ou telhas;
- 3) queima das lajotas ou telhas em fornos.

A mistura da argila com água dá a plasticidade necessária para modelar o objeto. Ao evaporar a água, a argila se contrai, motivo pelo qual se agrega um material inerte, como a areia, na mistura original para evitar uma contração excessiva e a formação de gretas. A queima do objeto, em temperatura que provavelmente não foi superior a 500°C, elimina totalmente qualquer resto de água, o que faz com que a cerâmica não volte a “dissolver-se” na presença da água.



Fig. 15. Detalle de un piso cerámico en la Misión de la Santísima Trinidad, donde se utilizaron cerámicas comunes con cerámicas vidriadas azules.

*Detalhe de piso cerâmico na Missão de la Santísima Trinidad, composto de cerâmicas comuns com peças vitrificadas azuis.*



Fig. 16. Detalle de uno de los ladrillones diseñados del piso de la iglesia en la Misión de la Santísima Trinidad.

*Detalhe de uma das lajotas com desenhos do piso da igreja na Missão da Santísima Trinidad.*



La calidad del producto terminado depende del tipo de arcilla utilizado en su preparación, del cuidado durante la misma y del tiempo y temperatura de cocción. El tiempo de cocción debe ser suficiente para asegurar que la masa cocida sea uniforme en todo su espesor.

A pesar de que las cerámicas son mucho más resistentes al agua que el adobe, –razón por la cual se utilizan para recubrir pisos y techos–, expuestas a la intemperie por siglos y con la colonización biológica de algas y musgos en su superficie y de hierbas entre ellas, estos materiales comienzan a disgregarse como lo hacen las mismas rocas. La solución a este problema se discute en el capítulo de tratamientos (Capítulo 6).



Fig. 17 (izq). Detalle del piso de cerámica en una sala de la Casa de los Padres donde se ve la decoración en bajo relieve de estas baldosas, ya colonizadas por algas en superficie y por invasión de hierbas entre ellas. San Ignacio Miní, Argentina (2002).

*Detalhe de piso cerâmico em uma sala da Casa dos Padres onde se verifica a decoração em baixo relevo destas lajotas, que já estão colonizadas por algas nas superfícies e por invasão de ervas entre elas. San Ignacio Miní, Argentina (2002).*

A qualidade do produto depende do tipo de argila utilizada na sua elaboração, do cuidado durante a preparação e do tempo e temperatura da queima. O tempo de queima deve ser suficiente para assegurar que a massa seja uniforme em toda sua espessura.

Apesar de que as cerâmicas são muito mais resistentes à água que o adobe, – motivo pelo qual são utilizadas para cobrir pisos e telhados –, expostas à intempérie por séculos e com a colonização biológica de algas e musgos em sua superfície e de vegetação entre elas, estes materiais começam a desagregar-se da mesma forma que se decompõem as rochas. As soluções para estes problemas serão apresentadas no capítulo de tratamentos (Capítulo 6).



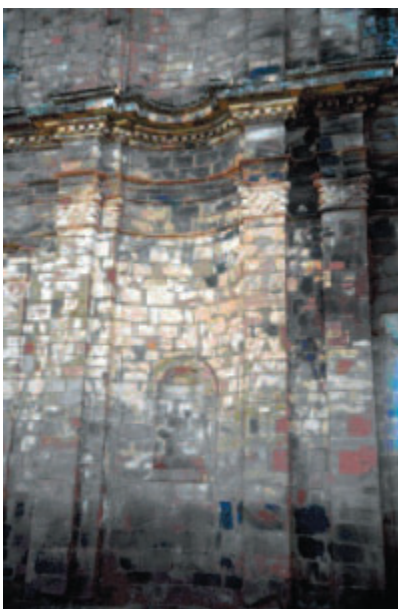
Fig. 17 (dir). Detalle del aspecto final de unas de las cerámicas del mismo sitio durante su limpieza y consolidación llevada a cabo en el Curso (2004).

*Detalhe do aspecto final de uma das lajotas do mesmo sítio durante a limpeza e consolidação executada no Curso (2004).*



## 2.4 Revestimientos

En algunas iglesias, como la de Jesús de Taravangüe, Paraguay, y el portal de San Ignacio Miní, Argentina, se han encontrado vestigios de revoques de cal aérea. En la de São Miguel, Brasil, quedan restos de la aplicación de un enlucido a base de tierra clara, localmente llamado Tabatinga.



## 2.4 Acabamentos

Em algumas igrejas, tais como a de Jesús de Taravangüe, Paraguay, e no portal de San Ignacio Miní, Argentina, encontram-se restos de rebocos de cal aérea. Na de São Miguel, Brasil, encontram-se restos de um acabamento de terra clara, localmente denominado Tabatinga.

Fig. 18. Detalle de la fachada de la iglesia de São Miguel, Brasil, con restos de revestimiento original, localmente llamado Tabatinga, en las áreas más protegidas del agua.

*Detalhe da fachada da igreja de São Miguel, Brasil, com remanescentes de acabamentos originais, denominados Tabatinga, nas zonas mais protegidas da água.*

